

ENCYCLOPÉDIE-RORET.

GNOMONIQUE

OU

MÉTHODE SIMPLE ET FACILE

DE TRACER

LES CADRANS SOLAIRES.



PARIS.

LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE DE RORET,
RUE HAUTEFEUILLE, N° 10 BIS.

ENCYCLOPÉDIE-RORET.

GNOMONIQUE ÉLÉMENTAIRE.

AVIS.

Le mérite des ouvrages de l'*Encyclopédie-Roret* leur a valu les honneurs de la traduction, de l'imitation et de la contrefaçon. Pour distinguer ce volume, il portera, à l'avenir, la signature de l'Editeur.

Roret

MANUELS-RORET.

NOUVEAU MANUEL COMPLET

DE

GNOMONIQUE ÉLÉMENTAIRE,

OU

MÉTHODE

SIMPLE ET FACILE DE TRACER LES CADRANS SOLAIRES,

D'APRÈS

STERNHEIM ET DOM BEDOS.



Orné de 10 Planches.

Par **C. BOUTEREAU,**

Ancien Elève des Ecoles militaires, Professeur des cours publics de Géométrie et de Mécanique à Beauvais (Oise), Régent de Mathématiques au Collège de cette ville.

PARIS,

A LA LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE DE RORET,

RUE HAUTEFEUILLE, 10 BIS.

1845.



NOUVEAU MANUEL COMPLET

DE

GNOMONIQUE ÉLÉMENTAIRE.



INTRODUCTION.



CHAPITRE PREMIER.

DÉFINITION ET HISTOIRE DE LA GNOMONIQUE; — HYPOTHÈSE FONDAMENTALE, ET PREMIÈRES NOTIONS SUR LES DIFFÉRENTES ESPÈCES DE TEMPS.

ARTICLE Ier.

1. La *Gnomonique* est la science qui a pour objet la construction des cadrans solaires : elle comprend aussi quelquefois la manière de tracer les cadrans par la Lune et par les étoiles.

Les Grecs et les Romains donnaient à cette science les noms de *gnomonica* et de *sciaterica:* le premier à cause de *gnomon*, qui signifiait style; le second à cause de *scia*, qui signifiait ombre, parce que c'était au moyen de l'ombre d'un style qu'ils distinguaient les heures sur leurs cadrans. Quelques auteurs

l'appellent *photosciatérique*, de *phos* (lumière), et de *scia* (ombre), parce que c'est quelquefois la lumière même du Soleil qui marque les heures, comme cela a lieu, quand le cadran, au lieu d'un style, porte une plaque percée d'un trou. Elle est appelée encore *horographie*, parce que c'est proprement l'art d'écrire, sur un plan donné, l'heure qu'il est. D'autres la nomment *horologiographie*, parce que les cadrans s'appelaient autrefois *horloges*, nom que nous avons, depuis, transporté à nos mécanismes à roues et à pendules.

2. On ne saurait douter de l'antiquité des cadrans solaires. Quelques auteurs en attribuent l'invention à Anaximène de Milet, qui vivait 579 ans avant J.-C.: d'autres en font honneur à Thalès. Il semble, cependant, que les Juifs possédèrent des cadrans solaires longtemps avant cette époque : témoin celui d'Achas, qui remonte au moins à l'an 751 avant l'ère vulgaire. Il en est fait mention dans Isaïe, ch. XXXIII, v. 8 (1).

Quant aux Romains, ils ne connurent les cadrans solaires que fort tard. Dans le temps des douze Tables, on ne marquait que le lever et le coucher du Soleil. Le premier cadran solaire qui parut à Rome, suivant Pline, fut construit par les soins de Papirius Cursor, 306 ans avant J.-C.: ce cadran, selon quelques-uns, fut placé au temple de Quirinus, ou près de ce temple; selon les autres, dans le Capitole, ou près du temple de Diane, sur le mont Aventin; mais il indiquait mal les heures. L'an 263 (toujours avant J.-C.), M. Valérius Messala, étant consul, apporta de Sicile un autre cadran, qu'il éleva sur un pilier, proche les Rostres où était la tribune aux harangues; mais, comme il n'était pas fait pour la latitude de Rome, il n'était pas possible qu'il marquât l'heure véritable. Cependant on s'en servit pendant 99 ans, jusqu'à ce que le

(1) *Invocavit itaque Isaias propheta dominum et reduxit umbram per lineas quibus jam descenderat in horologio Achas retrorsum decem gradibus.*

censeur Q. Marcius Philippus en fit construire un plus exact. (PLINE, VII, 60.)

3. Depuis cette époque, l'art de tracer des cadrans solaires a fait nécessairement de nombreux progrès ; et, quoique nous ayons trouvé le moyen de mesurer le temps d'une autre manière que les anciens, la Gnomonique est loin d'avoir perdu de son importance primitive. Les machines en mouvement qui remplacent les cadrans solaires, c'est-à-dire, les horloges et les montres, sont toutes, on le sait, de nature à se déranger, à avancer ou à retarder : elles ont donc besoin d'être régularisées par quelque autre instrument qui soit invariable, ainsi que l'est un cadran solaire.

ARTICLE II.

HYPOTHÈSE FONDAMENTALE ET PREMIÈRES NOTIONS SUR LES DIFFÉRENTES ESPÈCES DE TEMPS.

4. Qu'on se figure une tige de fer A C, droite et fixée à l'un des pôles A ou B de la Terre, représentée elle-même par le cercle G A H B (*fig.* 1) ; qu'on imagine ensuite la ligne A C, exactement dirigée suivant le prolongement de l'axe A B, et traversant en son milieu une table rectangulaire E F, parallèle à l'équateur G H : l'ombre que cette tige de fer projettera sur la table E F, en interceptant les rayons du Soleil (1), parcourra évidemment la surface de la table pendant un temps égal à celui que la Terre mettra elle-même à faire uniformément une révolution complète autour de son axe. Ainsi, puisque ce temps est divisé en 24 parties égales, que l'on appelle *heures*, si l'on trace autour du point A, sur la table E F, une circonférence de cercle, et qu'on la divise en 24 parties égales, au moyen de 24 rayons, on obtiendra,

(1) Nous supposons ici que le Soleil éclaire alors celui des pôles auquel on se figure que la tige A C a été fixée.

réparties autour du point A, 24 droites sur lesquelles l'ombre de la tige A C viendra successivement tomber d'heure en heure. Il ne restera donc plus qu'à regarder un des rayons comme première ligne d'heures, et à numéroter tous les autres, pour avoir entièrement construit un cadran solaire excellent sous le pôle A.

5. Afin d'expliquer maintenant ce qu'il faut entendre par *les différentes espèces de temps*, supposons une montre dont l'aiguille des heures en marque précisément 24, pendant le temps qui est nécessaire à l'ombre de la droite A C, pour parcourir entièrement la circonférence décrite autour d'elle. Admettons que cette aiguille exige aujourd'hui, pour passer d'une heure quelconque à l'heure suivante, précisément autant de temps qu'il en faut à l'ombre de la droite A C pour passer elle-même de l'un des rayons au rayon d'après. Si la montre en question a sa marche bien régulière, ce qui lui arrive aujourd'hui, d'après notre supposition, ne lui arrivera plus, ni demain, ni après-demain, ni aucun des jours suivants. Ce ne sera néanmoins qu'au bout d'un certain nombre de jours qu'on pourra constater que la montre avance, ou bien qu'elle est en retard, c'est-à-dire, que son aiguille des heures marche plus vite ou plus lentement que l'ombre de la droite A C.

L'irrégularité apparente des montres qui semblent avancer ou retarder, bien qu'elles marchent régulièrement, tient à la forme allongée ou elliptique de l'orbite terrestre. C'est à la même cause qu'il faut attribuer la nécessité où l'on est de distinguer trois différentes espèces de temps, c'est-à-dire, le temps vrai, le temps moyen et le temps sidéral.

Tous les cadrans solaires indiquent *le temps vrai;* les montres, au contraire, ainsi que les pendules, marquent *le temps moyen*, quand elles ne sont pas réglées chaque jour sur le Soleil, ou qu'elles ne sont pas construites de façon que leurs aiguilles ne marquent que 23 h. 56' 4", 1, depuis la culmina-

tion d'une étoile quelconque jusqu'à la culmination suivante de la même étoile.

Si ces montres ou ces pendules, au lieu de ces 23 h. 56' 4",1, marquaient 24 heures complètes, entre deux culminations stellaires consécutives, ce ne serait plus le temps moyen, mais *le temps sidéral* qu'elles indiqueraient.

6. On appelle *jour solaire*, la journée vulgaire, c'est-à-dire l'ensemble des 24 heures qui s'écoulent entre deux culminations consécutives du Soleil.

Les 365 ou 366 jours solaires qui composent l'année vulgaire ne sont pas tous de la même longueur, parce que l'orbite terrestre est elliptique, et que la Terre, en la parcourant, n'avance pas, par jour, d'une quantité toujours égale. Il en résulte qu'en s'en rapportant à une bonne montre, on trouve presque toujours, suivant les saisons, que le Soleil arrive trop tôt ou trop tard à son point de culmination.

Pour obvier à cet inconvénient des montres et des pendules, qui ne font connaître que très-imparfaitement le temps vrai, on a eu l'idée d'établir, pour ces instruments de précision, une troisième espèce de division du temps. A cet effet, on a supposé que l'année tropique était composée de jours égaux, tandis qu'elle est composée de jours inégaux : on a supposé aussi qu'au lieu des 365 jours 5 heures 48' 45" qu'elle contient, elle ne contenait que 365 jours complets. Partant de là, on a divisé la durée de l'année tropique en 365 parties égales, et l'on a donné à chacune de ces 365 parties le nom de *jour moyen*.

Ce jour moyen vaut 24 heures 3' 56",5 du temps sidéral : il se divise en 24 heures moyennes.

Le *jour sidéral*, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre deux culminations consécutives d'une étoile, vaut 23 h. 56' 4", 1 du temps moyen. Plus court que le jour moyen de 3' 55", 9, le jour sidéral se divise comme lui en 24 parties égales, que l'on nomme heures sidérales.

Tous les jours sidéraux sont d'une égalité parfaite, parce que le déplacement qui résulte du mouvement de la Terre sur son orbite est bien peu de chose comparativement à la prodigieuse distance qui nous sépare des étoiles fixes.

7. Le peu que nous venons de dire relativement à la distinction qu'il faut toujours faire entre trois différentes espèces de temps, a dû faire comprendre au lecteur que l'intelligence de la Gnomonique exige de sa part un certain nombre de connaissances préliminaires. Les principes généraux de la théorie de cette science sont en effet fondés tous sur le mouvement du Soleil ou plutôt de la Terre, car celui du Soleil est une illusion de nos sens : il est donc nécessaire de connaître les premiers éléments de la Géographie mathématique ou de la Cosmographie, avant de chercher à en faire l'application à la théorie de la Gnomonique.

CHAPITRE II.

NOTIONS ÉLÉMENTAIRES DE COSMOGRAPHIE.

ARTICLE I[er].

DESCRIPTION ABRÉGÉE DE LA VOUTE DU CIEL.

Voûte du Ciel. — Horizon sensible, visuel ou céleste. — Zénith et Nadir. — Points cardinaux. — Pôles célestes. — Axe du Ciel. — Cercles diurnes. — Equateur céleste. — Hémisphères septentrional et méridional.

8. Le *Firmament*, le *Ciel*, car on l'appelle encore ainsi, est la voûte bleue que l'homme aperçoit au-dessus de sa tête, quel que soit le point de la Terre où il se trouve placé.

Cette voûte n'est qu'apparente : pendant la nuit, on dirait qu'elle tourne autour de l'un de ses points, en entraînant

avec elle toutes les étoiles, qui y sont comme attachées. La Lune, quand elle nous éclaire, et le Soleil, pendant le jour, semblent, en tournant, glisser un peu sur sa surface, où ces deux astres se montrent à nous sous la forme de deux disques d'une étendue très-médiocre, quand on les compare aux objets voisins.

9. En quelque endroit de la Terre que nous soyons, et de quelque côté que nous nous tournions, nous avons toujours la vue bornée par une ligne plus ou moins régulière, constituant pour nous ce qu'on est convenu d'appeler notre *horizon sensible ou visuel* (1). C'est à cette ligne que commence la voûte céleste, qui semble s'appuyer sur un cercle dont nous occupons le centre, quand aucun objet terrestre élevé ne détruit la régularité naturelle de notre horizon.

C'est parce que l'horizon visuel paraît servir de base à la voûte du Ciel, qu'on lui donne souvent le nom d'*horizon céleste*.

Le point culminant du Ciel, celui qui forme le sommet de la voûte, est à la même distance de tous les points de l'horizon : on l'appelle *zénith*. Le *nadir* est un point invisible, que l'on suppose être diamétralement opposé au zénith. *La verticale d'un lieu* passe toujours par son zénith et par son nadir.

10. Les points les plus remarquables de la circonférence de l'horizon sont appelés *points cardinaux ;* ils sont au nombre de quatre : l'un d'eux est le *nord* ou *septentrion*, et son opposé, le *sud* ou *midi ;* les deux autres se nomment, l'un *est*, l'autre *ouest* (2).

Quand on se tourne pendant la nuit du côté de celui des points de la voûte céleste autour duquel cette voûte semble tourner, on a le nord devant soi, le sud derrière, l'est à sa droite et l'ouest à sa gauche. Si au contraire on se tournait,

(1) *Horizon* veut dire borneur.

(2) Le côté de l'est se nomme aussi l'*orient* ou le *levant ;* le côté de l'ouest se nomme au contraire l'*occident* ou le *couchant*.

à midi, du côté du Soleil, on aurait le sud devant soi, le nord derrière, l'est à sa gauche et l'ouest à sa droite.

Les quatre points cardinaux ne sont pas les seuls points de l'horizon qui se distinguent des autres par une dénomination particulière : 28 autres points sont dans le même cas. On peut voir sur la figure 2 nommée *rose des vents*, quels sont les noms et les places des *quatre points secondaires :* le nord-est, le nord-ouest, le sud-est et le sud-ouest; ainsi que ceux des *huit points tertiaires* que nous ne rappellerons pas ici, parce qu'ils sont indiqués sur la figure. Quant aux seize derniers points, que l'on appelle *quarts*, ils n'y sont pas indiqués; mais leurs noms ne sont guère employés que dans la marine : il n'y a donc pas lieu pour nous de les faire connaître ici.

11. Le point de la voûte céleste autour duquel cette voûte semble tourner dans l'espace d'un jour, et d'orient en occident, se nomme *pôle visible* ou supérieur. On nomme *pôle invisible* ou inférieur, un autre point du Ciel que l'on suppose sous l'horizon, à l'extrémité opposée de celui des diamètres célestes qui passe par le pôle visible.

Tous les habitants de la Terre n'ont pas le même pôle au-dessus de leur horizon. Celui qu'on y aperçoit de Paris est appelé *pôle arctique;* l'autre se nomme *pôle antarctique.* C'est le pôle antarctique que les habitants du Cap de Bonne-Espérance doivent appeler pôle visible, parce qu'il est celui des deux pôles qui est supérieur à leur horizon.

La ligne idéale qui joindrait le pôle arctique au pôle antarctique, est ce que l'on appelle l'*axe du Ciel*, parce que le Ciel paraît tourner autour de cette droite comme autour d'un essieu.

12. Les cercles imaginaires dont les astres, et généralement tous les points du Ciel, semblent parcourir journellement les circonférences, se nomment tous *cercles diurnes.* Les cercles diurnes ont leurs centres sur l'axe du Ciel, et leurs plans sont perpendiculaires à cette droite : ils sont donc parallèles entre

eux. C'est pour cette raison qu'on les nomme aussi *parallèles célestes.*

En quelque point de la Terre que l'on se trouve, si l'axe du Ciel n'est pas perpendiculaire à l'horizon du lieu où l'on est, il existe toujours un certain nombre de parallèles célestes dont on n'aperçoit qu'une partie : il faut supposer le reste au-dessous de l'horizon.

13. Le plus grand de tous les parallèles célestes, celui dont le centre est au milieu de l'axe, et dont les points sont tous également éloignés des deux pôles, a reçu le nom d'*équateur* ou de *cercle équinoxial.*

La circonférence de ce cercle est censée partager le Ciel en deux hémisphères : l'*hémisphère septentrional*, qu'on nomme aussi *boréal*, et l'*hémisphère méridional.* L'hémisphère septentrional est celui qui contient le pôle arctique, l'autre, qui s'appelle alors *hémisphère austral*, est celui qui contient le pôle antarctique.

ARTICLE II.

SUITE DE LA DESCRIPTION PRÉCÉDENTE.

Plan du méridien. — Déclinaison solaire. — Variation de cet angle. — La Lune et les Planètes ont leur déclinaison comme le Soleil. — Opération à faire pour mesurer la déclinaison de cet astre. — Hauteur méridienne du Soleil. — Manière de la trouver. — Tropiques célestes. — Ecliptique. — Points équinoxiaux de ce grand cercle. — Ascension droite d'un astre. — Points solsticiaux de l'écliptique. — Colures. — Cercles polaires.

14. Si l'on conçoit un plan passant par la ligne zénithale OZ (*fig.* 3), en même temps que par le pôle visible A, ce plan imaginaire déterminera sur la voûte du Ciel un certain cercle CZDN, sur la circonférence duquel le Soleil S se trouve tou-

jours à midi, c'est-à-dire à l'époque de sa plus grande élévation au-dessus de l'horizon CD : ce cercle vertical est ce que l'on appelle le *plan du méridien*. Sa surface est perpendiculaire à l'équateur, parce qu'elle renferme l'axe du Ciel : elle est perpendiculaire à l'horizon, parce qu'elle renferme la ligne nadiro-zénithale Z N.

L'arc S F (*même fig.*), c'est-à-dire la partie du méridien qui se trouve comprise, à midi, entre le Soleil S et l'équateur E F, sert de mesure à l'angle central S O F : tous deux constituent ce que l'on appelle la *déclinaison du Soleil*. La déclinaison solaire est donc la distance angulaire et méridienne de cet astre à l'équateur.

Cette déclinaison n'est pas la même à toutes les époques de l'année. Au commencement du printemps, le 21 mars à peu près, l'angle S O F est nul; c'est-à-dire que la ligne O S est alors confondue avec la droite O F.

Pendant les 93 à 94 jours que dure le printemps, la déclinaison du Soleil va en augmentant de plus en plus, et c'est au commencement de l'été, le 21 juin à peu près, qu'elle a atteint sa plus grande valeur : 23° 1/2 environ.

A partir de cette époque, la déclinaison du Soleil décroît pendant autant de temps qu'elle en a mis à augmenter. Il en résulte que, 93 ou 94 jours plus tard, c'est-à-dire au commencement de l'automne, le 21 septembre à peu près, la déclinaison du Soleil est nulle, comme elle l'était au commencement du printemps.

Pendant les 187 jours que durent ensemble le printemps et l'été, l'angle S O F est situé dans l'hémisphère boréal ; aussi dit-on alors de la déclinaison solaire, que c'est une *déclinaison boréale*.

Pendant les 178 jours que durent ensemble l'automne et l'hiver, l'angle S O F est situé dans l'hémisphère austral ; aussi dit-on alors de la déclinaison solaire, que c'est une *déclinaison australe*.

Les déclinaisons australes croissent et décroissent de la même manière que les déclinaisons boréales; c'est-à-dire, que l'angle de déclinaison augmente pendant l'automne, décroît pendant l'hiver, et atteint sa plus grande valeur, 23° 1/2, le 21 décembre, époque où l'hiver commence.

15. Le Soleil n'est pas le seul de tous les astres dont la déclinaison soit variable : la Lune est dans le même cas, ainsi qu'un certain nombre d'autres corps célestes ayant, à peu de chose près, la même apparence que les étoiles. Ces corps que l'on appelle *Planètes*, et qui sont au nombre de dix (1), ont reçu les noms que voici : Mercure, Vénus, Mars, Vesta, Junon, Cérès, Pallas, Jupiter, Saturne et Uranus.

16. Pour avoir la déclinaison du Soleil, correspondante à une époque quelconque de l'année, on dirige, vers le pôle visible A, une première ligne de mire O A (*fig.* 3); on dirige ensuite, vers le centre du Soleil S, une seconde ligne de mire O S; on mesure enfin l'angle S O A, formé par les deux lignes de mire, et, quand le Soleil est plus près du pôle que l'équateur, on retranche la valeur obtenue des 90° qui se trouvent dans l'angle A O F.

Si c'était l'équateur, au contraire, qui fût plus près du pôle que le Soleil, comme cela aurait lieu si le Soleil était en S' (*même fig.*), ce seraient les 90° de l'angle A O F qu'il faudrait ôter de la valeur de l'angle A O S', pour avoir la déclinaison australe S' O F.

17. *La hauteur méridienne du Soleil au-dessus de l'horizon*, c'est-à-dire l'angle S O D, s'obtient au moyen d'un procédé semblable. On dirige une première ligne de mire vers le Soleil S, puis une seconde vers le zénith Z. De cette manière, on a la distance zénithale angulaire S O Z, et il ne reste plus qu'à ôter la valeur de cet angle des 90° de l'angle Z O D, pour avoir la véritable valeur de l'angle S O D.

(1) En n'y comprenant pas la Terre qui est une planète aussi, comme on le verra plus loin.

18. Il résulte de ce que nous venons de dire, relativement à la déclinaison solaire, qu'il n'en est pas de la rotation apparente du Soleil, comme de celle des étoiles fixes. Les 365 cercles diurnes qu'une étoile parcourt pendant les 365 jours de l'année, sont toujours à la même distance de l'équateur céleste, tandis que, des 365 révolutions diurnes que le Soleil exécute dans le même temps, il y en a une moitié à peu près dans l'hémisphère boréal : le reste est dans l'hémisphère austral.

19. De toutes ces révolutions presque circulaires et parallèles à l'équateur, les deux plus petites sont celles qui s'en écartent le plus : on les nomme *Tropiques*. Celui des tropiques qui se trouve dans l'hémisphère boréal se nomme *Tropique du Cancer;* l'autre est celui du *Capricorne*. Nous donnerons plus tard la raison de ces deux différentes dénominations. Pour le moment, contentons-nous de faire remarquer que, puisque les tropiques, considérés comme des cercles diurnes décrits par le Soleil, correspondent précisément aux époques où la déclinaison solaire est égale à 23° 1/2, ils doivent eux-mêmes être éloignés de l'équateur d'une distance angulaire égale aux 23° 1/2 de la déclinaison du Soleil.

Entre les deux tropiques, et sur un plan incliné à l'équateur de ce même angle de 23° 1/2, se trouve la circonférence d'un grand cercle, déterminé par les 365 positions que le Soleil occupe sur la voûte céleste, aux 365 moments où il arrive annuellement au point culminant de chacun de ses arcs diurnes. Ce grand cercle se nomme *Ecliptique*.

20. L'écliptique coupe l'équateur en deux points qui se nomment *points d'équinoxe*, parce que, sur toute la Terre, il y a égalité entre le jour et la nuit, lorsque le Soleil passe par un de ces deux points.

Celui des points équinoxiaux où le Soleil paraît être au commencement du printemps se nomme point *d'équinoxe vernal*. On en a fait une espèce de station principale sur l'équateur cé-

leste, à la circonférence duquel il sert comme d'origine ou de point de départ dans un grand nombre d'évaluations astronomiques.

Ce que l'on entend, par exemple, sous le nom d'*ascension droite* du Soleil ou d'un astre quelconque, c'est la partie de la circonférence équatoriale qui se trouve interceptée entre le méridien de l'astre (1) et le point d'équinoxe vernal tel que nous venons de le définir.

Quand on connaît l'ascension droite et la déclinaison d'un astre, on connaît exactement sa place sur la voûte des Cieux.

A 90° de chacun des points équinoxiaux de l'écliptique, se trouvent deux autres points qui se nomment *points de solstice* ou *points solsticiaux*, parce que le Soleil, dans sa marche progressive vers les deux pôles, semble successivement s'y arrêter. Ces deux points, ceux de l'écliptique qui sont les plus éloignés de l'équateur, se trouvent en même temps sur la circonférence des tropiques.

21. Le grand cercle que déterminent les points d'équinoxes et les pôles, s'appelle *colure des équinoxes*. On nomme *colure des solstices*, un autre grand cercle perpendiculaire au premier, et qui passe aussi par les deux pôles ainsi que par les points solsticiaux.

C'est au moyen du colure des solstices que l'on représente ordinairement la sphère céleste, ainsi qu'on la voit représentée sur les figures n°s 4 et 5. Quelquefois, comme sur la figure 4, on y ajoute la représentation perspective des autres cercles de la sphère : quelquefois aussi, et cela est même plus fréquent, on se contente de dessiner, comme sur la figure 5, les diamètres suivant lesquels tous les autres cercles sont rencontrés par le colure.

De cette manière (*fig.* 5), la circonférence ACBD repré-

(1) Le méridien d'un astre est la circonférence que déterminerait sur la voûte céleste le passage d'un plan qui renfermait à la fois sur sa surface le centre de l'astre et les deux pôles de la voûte du Ciel.

sentant le colure des solstices, l'autre colure, celui des équinoxes, est représenté par AB; l'équateur par CD; l'écliptique par GF; et les deux tropiques par les cordes EF, GH, qui sont éloignées de l'équateur de 23° 1/2.

Les cordes IK, LM, qui sont éloignées des pôles, comme les tropiques le sont de l'équateur, représentent toutes deux ce que l'on appelle les deux cercles polaires: on appelle ainsi les cercles diurnes engendrés par les points I et M qui sont les *pôles de l'écliptique.*

ARTICLE III.

DIMENSIONS, DISTANCES ET MOUVEMENTS DE ROTATION DE LA TERRE ET DES ASTRES.

Étendue, forme et mouvement de rotation du Soleil. — Distance de la Terre au Soleil. — Rotation du globe terrestre. — Forme, grandeur et mouvement de rotation de la Lune. — Renseignements divers sur les étoiles et sur leurs constellations. — Détermination du pôle boréal au moyen de l'étoile polaire. — Planètes et Comètes. — Observation relative au mouvement de rotation de la Terre.

22. Le *Soleil*, qui nous paraît plat et si petit, a la forme d'une boule, et son diamètre est de 142208 myriamètres (320000 lieues). Il tourne sur lui-même d'occident en orient, et il lui faut 25 jours 1/2 environ pour faire un tour complet sur lui-même. On ne lui connaît pas de mouvement de translation.

23. La *Terre*, éloignée du Soleil d'environ 15109600 myriamètres (34000000 lieues), est aussi de forme sphérique: son diamètre est de 1272 myriamètres (2863 lieues), et elle tourne sur un axe de rotation, de l'occident vers l'orient, en 24 heures, comme le Soleil en 25 jours 1/2. Outre son mou-

vement de rotation, elle exécute autour du Soleil un mouvement de translation dont nous reparlerons plus tard.

24. La *Lune* est un globe comme le Soleil et comme la Terre : son diamètre est de 347 myriamètres (783 lieues) environ; elle tourne sur elle-même en 29 jours 1/4; sa distance moyenne à la Terre est de 38218 myriamètres (86000 lieues) environ, et elle accompagne la Terre dans son mouvement de translation autour du Soleil, en tournant elle-même autour de nous.

25. Les *Etoiles* sont des corps lumineux comme le Soleil. Il n'y en a que vingt et quelques mille de visibles à l'œil nu ; mais celles qu'on peut voir à l'aide du télescope sont innombrables. Les plus voisines de nous sont éloignées de plus 3000000 de millions de myriamètres (7 trillions de lieues). La distance des plus éloignées est au moins 1000 fois plus grande; et il y en a de plus grosses et de plus lumineuses que le Soleil. On ne connaît aux étoiles aucune espèce de mouvement; mais ce n'est pas à dire qu'elles n'en ont point.

26. Pour distinguer les étoiles les unes des autres, on en a formé une centaine de groupes nommés *Constellations*, et on a donné à chaque constellation une dénomination particulière, en affectant un numéro d'ordre, ou le nom d'une lettre grecque, à chacune des étoiles de chaque constellation.

La figure 6 est la représentation de la partie du Ciel qui avoisine le pôle arctique. On y distingue, entre autres, les étoiles des deux groupes ΑΒΓΔΕΖΗ, αβγδεζη, ou M, et *m*. Ces deux groupes sont les deux constellations de *la grande* et de *la petite Ourse*. Quand on sait les trouver sur la voûte du Ciel, on connaît approximativement la position du pôle, puisque ce point indiqué par la lettre O est peu éloigné de l'α de la petite Ourse, que l'on nomme *étoile polaire*. Cette étoile, qui n'est pas très-visible, se détermine au moyen de deux étoiles très-reconnaissables, l'A et le B de la grande Ourse, avec lesquelles elle se trouve presque sur une même ligne droite.

27. Les *Planètes*, au nombre de onze, en y comprenant la Terre, sont des globes opaques, comme la Terre et comme la Lune. Elles ont toutes un mouvement de rotation sur elles-mêmes et un mouvement de translation autour du Soleil. Plusieurs d'entre elles sont accompagnées de satellites, c'est-à-dire, de planètes moindres, tournant autour d'elles comme la Lune autour de la Terre. Cinq planètes sont visibles à l'œil nu : ce sont *Mercure*, *Vénus*, *Mars*, *Jupiter* et *Saturne*; les autres ne sont visibles qu'au télescope. La Lune est le satellite de la Terre. Quant aux *Comètes*, nous n'avons pas à nous en occuper ici : ce ne sont pour nous que des étrangères qui viennent de temps en temps nous rendre visite.

28. Le mouvement de rotation de la Terre s'accorde parfaitement avec le phénomène que nous offre, chaque jour, ce que nous avons appelé le mouvement apparent de la voûte du Ciel et des astres.

Imaginons en effet un paysage dans lequel se trouverait une grande variété d'objets entourant un observateur assis tranquillement au centre d'un vaste cylindre en cristal. Admettons, pour un moment, que ce cylindre, sa base et l'observateur, tournent ensemble autour de l'axe du cylindre, sans que l'observateur s'en aperçoive. Supposons enfin que le cylindre tourne d'occident en orient, de gauche à droite, et qu'il fasse un tour complet par minute.

Si le spectateur regarde toujours du même côté, il lui semblera, et il devra indubitablement lui sembler que c'est lui qui est immobile et que ce sont les objets qui l'environnent qui sont entraînés d'orient en occident, ou de droite à gauche, et qui font un tour complet par minute, en vertu d'une impulsion commune à tout le paysage.

Il n'est donc pas étonnant que le Ciel et les astres nous paraissent tourner, en vingt-quatre heures, autour de nous, puisque nous-mêmes, sans nous en apercevoir, nous exécutons, pendant le même temps, une révolution complète autour de l'axe de la Terre.

ARTICLE IV.

DESCRIPTION ABRÉGÉE DE LA SPHÈRE TERRESTRE.

Axe et pôles de la Terre. — Limites évanouissantes des lignes et des plans. — Méridiens terrestres. — Plans horaires. — Méridienne d'un lieu. — Equateur terrestre. — Latitude, longitude et horizon rationnel d'un lieu. — Illumination solaire. — Cercles verticaux de la voûte du Ciel. — Azimut d'un objet céleste. — Représentation graphique de toutes les choses précédemment définies. — Détermination de la latitude d'un lieu.

29. Ce que nous avons dit plus haut, relativement à la forme de la Terre, n'est pas rigoureusement vrai. Au lieu d'être exactement sphérique, la Terre est aplatie en deux de ses points opposés ; ses diamètres ne sont pas égaux, et c'est même autour du moindre d'entre eux qu'elle exécute sa révolution quotidienne. Ce moindre diamètre est donc ce que l'on appelle l'*axe de la Terre*, et ses extrémités se nomment *pôles terrestres*. Celui des deux pôles qui se trouve du côté du nord, par rapport à nous, se nomme *pôle-nord*, *pôle boréal* ou *pôle arctique*, comme celui du Ciel qui lui correspond. L'autre pôle terrestre se nomme *pôle-sud*, *pôle austral* ou *pôle antarctique*, encore comme son correspondant sur la voûte du Ciel.

30. Lorsque nous suivons de l'œil une droite *fuyante*, c'est-à-dire une droite dont la direction n'est pas exactement perpendiculaire à celle de notre regard, tout le monde sait que cette ligne devient de moins en moins visible à mesure qu'elle s'éloigne de nous ; et, pourvu qu'elle se prolonge suffisamment, elle ne tarde pas à disparaître, ou, comme on dit, à *s'évanouir* dans la direction même de notre regard, qui est alors dirigé parallèlement à la droite que nous avons suivie.

Il résulte de là, comme on le démontre d'ailleurs dans tous

les ouvrages sur la Perspective, que le point évanouissant d'une droite quelconque, est aussi le point évanouissant de ses parallèles. Voilà ce qui fait que les deux rangées d'arbres situés aux deux bords d'une route qui se prolonge en ligne droite, paraissent, au voyageur qui les regarde, se rapprocher insensiblement l'une de l'autre et se confondre entièrement en s'évanouissant à sa vue.

C'est pour la même raison que deux plans parallèles fuyants, ou qui ne sont pas non plus perpendiculaires à la direction du regard, semblent se rapprocher, se confondre et disparaître sur la même *ligne évanouissante.*

Cela bien compris, supposons que l'axe terrestre soit prolongé jusqu'à la région des étoiles les plus éloignées; il aura, comme toute autre droite, son point évanouissant sur la voûte du Ciel, et ce point sera toujours situé dans la direction même de notre regard, quand cette direction sera parallèle à l'axe. Le point de la voûte céleste que nous avons appelé pôle visible, est évidemment, d'ailleurs, le point de cette voûte que nous regardons alors; donc le pôle visible doit être regardé comme le point évanouissant de l'axe de la Terre et de toutes les droites qui lui sont parallèles.

31. Le *méridien terrestre* d'un point situé à la surface de la Terre, est un grand cercle passant par les deux pôles et par ce point: sa circonférence est de 4000 myriamètres (9000 lieues), et son plan prolongé jusqu'à la sphère céleste y détermine le *méridien céleste* du spectateur, placé en ce point.

Quand on parle du méridien d'un spectateur, on entend toujours par là le méridien céleste, qui est aussi, comme nous l'avons déjà dit, un cercle vertical passant par les deux pôles du Ciel, ainsi que par le zénith et par le nadir.

Ce méridien céleste est le principal d'entre tous les plans nommés *plans horaires.* On appelle ainsi ceux qui passent par les pôles du monde. Les plans horaires faisant avec le méridien d'un lieu des angles de 15, de 30, de 45, etc., degrés, se

nomment respectivement plans de une ou de onze heures, de deux ou de dix heures, etc. Les distances angulaires qui se trouvent entre les plans horaires, aussi bien qu'entre les méridiens géographiques de deux points terrestres, peuvent donc s'évaluer en temps aussi bien qu'en degrés. Il suffit, pour cela, de remplacer 15° par une heure et le reste proportionnellement.

L'intersection du plan du méridien avec l'horizon sensible du spectateur, se nomme une *ligne méridienne*, et détermine, par ses extrémités, les points nord et sud de cet horizon.

32. L'*équateur terrestre* est un grand cercle de la surface de la Terre, dont tous les points sont à égale distance de ses deux pôles, et qui la partagent en deux hémisphères. L'un de ces hémisphères, celui qui renferme le pôle-nord, se nomme *hémisphère boréal* ou *septentrional* ; l'autre est l'*hémisphère austral* ou *méridional*. L'Europe est située dans le premier de ces deux hémisphères.

Le plan de l'équateur est perpendiculaire à l'axe de la Terre; il passe par son centre, et sa circonférence a 17 myriamètres (39 lieues) de plus que celle de tous les méridiens terrestres.

L'équateur céleste, dont nous avons déjà parlé, peut être considéré comme déterminé par la trace du plan de l'équateur terrestre, lorsque l'on conçoit celui-ci étendu jusqu'à la région des étoiles : c'est aussi la ligne évanouissante de l'équateur terrestre et de tous les plans qui lui seraient parallèles. Les astronomes l'appellent souvent *cercle équinoxial*, et les marins, *la ligne*.

33. La *latitude* d'un lieu de la surface de la Terre, est sa distance angulaire à l'équateur, mesurée sur le méridien terrestre de ce même lieu. On la compte en degrés, minutes et secondes, de 0 à 90°, en allant vers le nord ou vers le sud, selon l'hémisphère où le lieu est placé. La latitude de l'Observatoire royale de Paris est de 48° 50' 14".

Les *Parallèles de latitude* (ou simplement les parallèles) sont

de petits cercles de la surface terrestre parallèles à l'équateur. Tous les points d'un même parallèle ont la même latitude. On dit, en conséquence, que Paris est situé *sous le parallèle* de 48° 50' 14" de latitude nord. Les parallèles terrestres correspondent aux cercles diurnes de la voûte apparente.

34. La *longitude* d'un lieu de la surface terrestre est l'inclinaison de son méridien sur celui d'une station fixe, regardé comme origine ou comme point de départ. Les astronomes et les géographes français sont dans l'usage de choisir pour cette station fixe l'Observatoire de Paris : les étrangers choisissent de même les principaux observatoires de leurs pays respectifs; quelques-uns ont adopté l'Ile-de-Fer.

Quelle que soit la station principale qu'on ait choisie pour point de départ, la longitude d'un autre lieu quelconque sera, en conséquence, mesurée par l'arc de l'équateur, intercepté entre le méridien de ce lieu et celui de la station principale, ou, ce qui est la même chose, par l'angle sphérique compris au pôle entre ces deux méridiens.

De même que l'on compte la *latitude* au nord ou au sud de l'équateur, la *longitude* est comptée d'ordinaire à l'ouest ou à l'est du premier méridien. On donnerait toutefois aux calculs une régularité systématique bien préférable, et l'on éviterait une source de confusion et d'ambiguité, si l'on abandonnait cet usage, pour compter invariablement les longitudes vers l'ouest, à partir de l'origine, sur toute l'étendue de la circonférence, et par conséquent de 0° à 360°.

Les longitude et latitude d'un lieu servent aux géographes à déterminer, d'une manière précise, la place qui est occupée par ce lieu sur la surface de la Terre. C'est, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, par un moyen analogue que les astronomes fixent dans le Ciel la position des astres; seulement ils apppellent ascension droite et déclinaison ce que les géographes appellent longitude et latitude.

35. *Première remarque.* Chaque point du Ciel ayant besoin

de vingt-quatre heures pour exécuter sa rotation apparente autour de l'axe du Monde, on a été tout naturellement conduit à diviser quelquefois la circonférence de l'équateur en vingt-quatre parties égales. Alors, en appelant heures chacun de ces arcs de 15° chacun; en appelant minutes chacune de leurs soixantièmes parties, etc., on en est arrivé à pouvoir exprimer en temps, c'est-à-dire en unités temporaires, la différence de deux longitudes, ou la distance angulaire de deux méridiens. Voilà ce qui fait que l'on a pu dire d'une ville qu'*elle est trois heures à l'orient de Paris*, pour exprimer que son méridien est à 45° à l'est du méridien qui passe par la capitale de la France.

36. *Deuxième remarque.* La Terre serait imperceptible pour un spectateur placé à la distance des étoiles; et réciproquement, un objet de même dimension que la Terre serait inapercevable, s'il était placé aussi loin de nous que le sont les étoiles. Si donc un spectateur quelconque imagine un plan mené par le centre de la Terre, parallèlement à son horizon sensible, ce plan déterminera sur la surface du globe terrestre un certain grand cercle qui, prolongé indéfiniment, se confondra, en s'évanouissant, avec l'horizon sensible du spectateur. C'est pour cette raison qu'on a aussi donné à ce grand cercle le nom d'horizon; mais pour le distinguer, quand cela est nécessaire, de l'horizon naturel, qui ne fait que toucher la Terre, au lieu de passer par son centre, on est convenu de l'appeler *horizon rationnel*. Au reste, ces deux horizons (le sensible et le rationnel) se confondent sur la voûte du ciel, et ils y déterminent ce que nous avons précédemment appelé l'horizon céleste. Ils sont l'un et l'autre perpendiculaires à la direction du fil à plomb, et par conséquent parallèles tous deux à la surface des eaux tranquilles.

L'équateur sert d'horizon rationnel aux deux pôles, et les pôles, à leur tour, sont toujours situés sur l'horizon rationnel de chacun des points de l'équateur.

37. *Troisième remarque.* Un spectateur ne peut jamais apercevoir que les objets situés au-dessus de l'horizon du lieu qu'il occupe (1); les différents astres ne se lèvent donc pour lui que quand son horizon passe au-dessous d'eux. Lorsque ce même horizon passe au-dessus, les mêmes astres se couchent. Il suit de là que le Soleil n'éclaire jamais à la fois que la moitié de la Terre. La ligne courbe qui sépare constamment la partie éclairée de celle qui ne l'est pas, se nomme *cercle d'illumination :* ce grand cercle est toujours perpendiculaire à la droite qui joindrait le centre de la Terre au centre du Soleil.

Le jour commence pour chaque point de la Terre, au moment où ce point, arrivant au cercle d'illumination, entre dans l'hémisphère éclairé : le jour cesse quand il en sort. A midi, ainsi qu'à minuit, son méridien est perpendiculaire sur le cercle d'illumination.

38. *Quatrième remarque.* Ce n'est pas toujours au moyen de l'ascension droite et la déclinaison d'un astre qu'on précise sa place sur la voûte du Ciel : il est souvent, en effet, plus commode de remplacer l'équateur par l'horizon, et les méridiens célestes par les verticaux du point de station.

Quand on en agit ainsi, on suppose une droite partant du centre de la Terre, passant exactement par ce point de station et se prolongeant jusqu'à la voûte du Ciel où elle se termine au zénith. Par ce point et le pôle visible, on imagine ensuite un plan vertical et l'on en conçoit un second passant sur la voûte du Ciel par le centre de l'astre dont on veut préciser la place. Il ne reste alors qu'à bien mesurer la hauteur de l'astre en même temps que son azimut.

L'*azimut* d'un objet céleste est l'angle compris entre les deux plans verticaux dont nous venons de parler, et dont l'un passe par le pôle élevé (2) et l'autre par l'objet en question. La *hauteur* et l'*azimut* d'un objet étant connus, sa position sur

(1) On fait ici abstraction du pouvoir de la réfraction.

(2) On appelle ainsi le pôle visible.

la sphère céleste est par cela même déterminée. On a imaginé, pour mesurer simultanément ces deux angles, un instrument particulier, nommé *instrument des hauteurs et des azimuts.*

39. Essayons, au moyen de quelques figures, de faire bien comprendre au lecteur la majeure partie des définitions contenues dans ce deuxième chapitre.

Soient d'abord C (*fig.* 7) le centre de la Terre, et la droite NS son axe : les points N et S seront ses pôles, et la ligne EQ son équateur. Alors, si la ligne AB est le parallèle de latitude du point A, la droite AP', parallèle à NS, sera la direction suivant laquelle l'observateur placé en A voit le pôle élevé des cieux, et la ligne AZ, prolongement du rayon terrestre CA, ira passer par son zénith. Ensuite le cercle NAES étant le méridien de A, si NGS est celui d'une station fixe, de Paris, par exemple, l'arc GE, ou l'angle central qui lui correspond, sera la longitude du point A, tandis que l'arc EA sera la latitude du même point.

Si, de plus, *ns* est un plan qui ne fait que toucher la surface de la Terre au point A, ce sera son horizon sensible ; la droite *n*A*s*, ligne d'intersection de ce plan avec le méridien, sera la méridienne du lieu, et les points *n* et *s* seront le nord et le sud de l'horizon.

Négligeons maintenant les dimensions de la Terre, et concevons un moment notre observateur transporté au centre du globe terrestre, et rapportant par conséquent tous les objets célestes à son horizon rationuel. Si l'on représente la sphère des cieux par la figure 8, alors C sera le spectateur ; Z son zénith et N son nadir. Le grand cercle H*w*O*e*, qui a pour pôles les points Z et N, sera l'horizon céleste ; P et *p*, les pôles élevé et abaissé du Ciel. L'arc HP, ou l'angle central correspondant, sera la hauteur du pôle au-dessus de l'horizon, et HPZEO*e*NQ sera le méridien du spectateur.

Si par le centre C, et perpendiculairement à la droite P*p*, on imagine un grand cercle *e*E*w*Q, ce sera l'équateur ou le

cercle équinoxial. Alors, en appelant V le point d'équinoxe vernal, si le méridien P T *p* qui passe par l'objet céleste S, rencontre l'équateur en T, l'arc V T sera ce que l'on appelle l'*ascension droite* de cet objet ; l'arc T S sera sa *déclinaison*, et l'arc P S, sa *distance polaire :* B S D, enfin, sera le cercle diurne qu'il paraît décrire autour du pôle.

Si, maintenant, nous rapportons le même objet à l'horizon, au moyen du cercle vertical Z S N, l'arc H M sera son azimut, M S sa hauteur, et Z S sa distance zénithale. H et O seront les points nord et sud, tandis que *e* et *w* seront les points est et ouest de l'horizon céleste.

40. On peut remarquer sur la même figure que l'horizon H O et l'équateur E Q se coupent mutuellement en deux points *e*, *w*, qui sont ce que l'on appelle le *vrai est* et le *vrai ouest* de l'horizon. La droite *e w* qui les joint est perpendiculaire à la méridienne H O. Elle sert de base à un cercle vertical, non dessiné sur la figure, qui serait perpendiculaire sur le méridien : c'est lui qu'on désigne quelquefois sous le nom de *premier vertical*. Une des faces de ce plan regarde le nord, et l'autre le sud : c'est l'est et l'ouest que regardent, au contraire, les deux faces du méridien. Ce méridien et le premier vertical d'un point de station partagent toujours l'hémisphère visible en quatre secteurs égaux, dont les parties centrales se dirigent vers le nord-est, le nord-ouest, le sud-est et le sud-ouest : ce sont ce que nous appellerons les quatre régions cardinales du Monde.

41. Quand un observateur se trouve à l'un des pôles, son horizon se confond avec l'équateur, et tous les cercles diurnes sont parallèles à cet horizon : aussi a-t-il alors, comme on dit, la *sphère céleste parallèle*. S'il se trouvait à l'équateur, il aurait au contraire la *sphère droite*, parce que tous les cercles diurnes seraient d'équerre à son horizon. Partout ailleurs il aurait la *sphère oblique*.

42. Nous terminerons cet article par une remarque fort im-

portante : *la latitude d'un lieu est toujours égale à la hauteur du pôle au-dessus de l'horizon de ce lieu.*

Que l'on se rapporte, en effet, à la figure 7, et l'on verra que l'angle P' A Z, distance zénithale du pôle, est le complément de la hauteur P' A *n* du même pôle au-dessus de l'horizon du point A, comme A C N est le complément de la latitude A C E de ce même point A. Or, P' A Z étant égal à N C A, P' A *n* est pareillement égal à C E, ce qui confirme ce que nous avions avancé.

CHAPITRE III.

SUITE DU PRÉCÉDENT.

ARTICLE Ier.

TRANSLATION PÉRIODIQUE DU GLOBE TERRESTRE.

Direction et durée de ce deuxième mouvement de la Terre. — Forme elliptique de son orbite annuelle. — Points solsticiaux de périhélie et d'aphélie de cette orbite. — Points équinoxiaux de la même courbe. — Identité de son plan avec celui de l'écliptique céleste. — Stations de la Terre. — Zodiaque et signes zodiacaux. — Division des signes du Zodiaque en septentrionaux et méridionaux, — en signes de printemps, signes d'été, signes d'automne et signes d'hiver.

43. Le mouvement de rotation de la Terre n'est pas le seul mouvement qu'elle possède : elle tourne encore autour du Soleil, en une année, et d'orient en occident. Ce mouvement de translation est ce que l'on appelle sa *révolution annuelle* : il dure effectivement 365 j., 5 h., 48', 45".

L'orbite de la Terre, c'est-à-dire sa route annuelle autour du Soleil, n'est pas exactement circulaire : sa forme est celle d'une ellipse.

On nomme *ellipse*, une courbe fermée (*fig.* 9) ayant un centre O, et deux axes A B, C D, perpendiculaires l'un sur l'autre. Sur le grand axe A B se trouvent deux points éloignés l'un et l'autre de chacun des points C et D d'une quantité égale à la moitié du grand axe A B. Ces deux points E, F sont ce que l'on appelle les deux foyers de l'ellipse.

Le grand axe de l'orbite terrestre a 30219200 myriamètres (68000000 de lieues). Le petit axe de la même courbe est de 30213956 myriamètres ou 67988200 lieues. Il résulte de là que le Soleil, situé sur le grand axe de la courbe, et à l'un de ses foyers, est seulement éloigné du centre de 253880 myriamètres, ou 571200 lieues.

Cette distance étant une quantité très-petite, comparativement à la grandeur des deux axes, on considère souvent l'orbite terrestre comme parfaitement ronde, et, au lieu de la représenter, comme nous l'avons fait, par une ellipse A B C D (*fig.* 10), on dessine simplement un cercle coupé par deux diamètres perpendiculaires entre eux. Dans ce cas, sur l'un de ces diamètres représentant le grand axe, on dessine le Soleil, en ayant soin de le placer tout entier d'un même côté de l'autre diamètre, afin de rappeler ainsi que la figure n'est pas circulaire, mais elliptique.

Le point A, celui des points de l'orbite terrestre qui se trouve le plus rapproché du Soleil, est le *périhélie de la courbe* : le point opposé B en est l'*aphélie*. Le périhélie et l'aphélie sont encore ce que l'on appelle les *deux points solsticiaux de l'orbite*. Si par le point S, centre du Soleil, on menait une perpendiculaire à la droite A B, elle rencontrerait l'ellipse A C B D en deux points C' et D' non représentés sur la figure, parce qu'ils sont trop près des points de moyenne distance C et D : ce seraient les *deux points équinoxiaux de l'orbite terrestre*.

44. Le point équinoxial C', qu'il faut supposer confondu avec le point C, est celui des points de cette orbite que les

astronomes regardent comme le point d'où part la Terre pour exécuter sa révolution annuelle autour du Soleil. A partir de ce point, dont ils ont fait comme une première espèce de station pour la Terre, ils en comptent onze autres qui sont déterminées par les droites S·1, S·2, S·3.., faisant toutes, la première avec S·1, et chacune des autres avec sa voisine, des angles de 30° chacun.

Ces droites 1·S, 2·S, 3·S....., etc., étant prolongées jusqu'à la voûte du Ciel, la rencontrent en douze points, 1', 2', 3', etc. : ce sont ceux où le Soleil paraît être, lorsque la Terre se trouve elle-même dans les stations correspondantes. Ces douze points y figurent grossièrement la circonférence d'un grand cercle, qui serait déterminé beaucoup plus rigoureusement, si, au lieu de ne supposer que 12 stations à la Terre, on lui en supposait autant que l'on compte de jours dans l'année. Cette remarque démontre que la circonférence céleste 1'·2'·3'..... 10'·11'·12' ne diffère en rien, pour nous, de la circonférence dont nous avons déjà parlé sous le nom d'écliptique.

C'est donc parce que la Terre, en tournant autour du Soleil, change insensiblement de position par rapport aux étoiles fixes, que le Soleil a passé longtemps pour posséder un mouvement propre sur la voûte des cieux, et si ce n'est qu'après 365 rotations et les $^{31}/_{128}$ d'une autre que cet astre se rencontre de nouveau avec la même constellation, lorsqu'il arrive au méridien, c'est parce que la translation de la Terre autour du Soleil dure effectivement 365j 5h 48' 45", ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut.

45. Le *Zodiaque*, dont on parle si souvent, est une zône d'environ 18 degrés de largeur, que les astronomes supposent sur la voûte du Ciel, où elle est divisée par l'écliptique en deux bandes symétriques. Sur cette zône se trouvent douze constellations dont on a donné les noms aux douze signes, c'est-à-dire aux douze stations ou demeures apparentes du Soleil. En suivant respectivement l'ordre des points 1', 2', 3', 4', 5'

et 6', les six premiers des douze signes de l'écliptique ou du Zodiaque ont reçu les noms que voici : le *Bélier*, le *Taureau*, les *Gémeaux*, le *Cancer*, le *Lion*, la *Vierge*. Les six derniers signes du Zodiaque, ceux qui correspondent aux dernières stations apparentes du Soleil dans l'écliptique, stations qui sont représentées par les points 7', 8', 9', 10', 11', 12', sont, à partir du 7e : la *Balance*, le *Scorpion*, le *Sagittaire*, le *Capricorne*, le *Verseau* et les *Poissons*.

On désigne ordinairement les douze signes du zodiaque par des caractères particuliers. Nous les avons placés par ordre au-dessus des mois qui leur correspondent dans le tableau que voici :

1. *Le Bélier*, ♈ MARS,	2. *le Taureau*, ♉ AVRIL,	3. *les Gémeaux*, ♊ MAI,
4. *le Cancer*, ♋ JUIN,	5. *le Lion*, ♌ JUILLET,	6. *la Vierge*. ♍ AOUT.
7. *la Balance*, ♎ SEPTEMBRE,	8. *le Scorpion*, ♏ OCTOBRE,	9. *le Sagittaire*, ♐ NOVEMBRE,
10. *le Capricorne*, ♑ DÉCEMBRE,	11. *le Verseau*, ♒ JANVIER,	12. *les Poissons*. ♓ FÉVRIER.

Les six premiers signes sont ce que l'on appelle les *signes septentrionaux*, parce qu'ils sont situés dans l'hémisphère septentrional du ciel : les six derniers se nomment, au contraire, les *signes méridionaux*.

46. Les trois premiers signes du zodiaque, c'est-à-dire les signes du Bélier, du Taureau et des Gémeaux, semblent être parcourus par le Soleil pendant le temps que la Terre met à se rendre de sa première station C à sa quatrième station B, c'est-

à-dire au point d'aphélie. On les appelle *signes vernaux* ou *signes du printemps.*

Les trois signes suivants, c'est-à-dire les signes du Cancer, du Lion et de la Vierge, semblent être parcourus pendant le temps que la Terre met à se rendre de sa quatrième station B, c'est-à-dire du point d'aphélie, à sa septième station D. On les appelle *signes estivaux* ou *signes de l'été.*

Les trois signes d'après, c'est-à-dire les signes de la Balance, du Scorpion et du Sagittaire, semblent parcourus par le Soleil pendant le temps que la Terre met à se rendre de sa septième station D à sa dixième station A, c'est-à-dire au point de perihélie. On les appelle *signes automnaux* ou *signes de l'automne.*

Enfin, les trois derniers signes du zodiaque, c'est-à-dire les signes du Capricorne, du Verseau et des Poissons, semblent parcourus par le Soleil pendant le temps que la Terre met à se rendre de sa dixième station A, c'est-à-dire de son point de périhélie à sa première station C, où elle recommence, avec l'année, une nouvelle révolution semblable à la précédente. On les appelle *signes hivernaux* ou *signes de l'hiver.*

ARTICLE II.

PHÉNOMÈNES RELATIFS A L'INCLINAISON DE L'ÉQUATEUR ET DE L'ÉCLIPTIQUE.

Obliquité de l'axe de la Terre par rapport au plan de son orbite. — Variation continuelle que subit journellement la déclinaison apparente du Soleil. — Alternative continuelle du jour et de la nuit. — Retour périodique des saisons. — Division de la Terre en zônes et climats.

47. L'axe de la Terre n'est pas perpendiculaire au plan de son orbite; au contraire, il fait constamment avec lui, et par conséquent avec le plan de l'écliptique, un angle de 66° 1/2

environ : il suit de là que l'équateur terrestre est incliné sur le plan de l'orbite des 23° 1/2 qui forment le complément de l'angle de 66° 1/2. Ceci nous explique pourquoi nous avons dit que l'écliptique et l'équateur célestes étaient inclinés l'un sur l'autre de 23° 1/2, et pourquoi il y avait sur le zodiaque des signes septentrionaux et des signes méridionaux.

48. Essayons de faire comprendre pareillement la variation continuelle que subit journellement la déclinaison apparente du Soleil, c'est-à-dire la distance angulaire qui existe ordinairement entre l'équateur et lui.

L'intersection de l'équateur terrestre avec le plan de notre orbite est toujours sensiblement perpendiculaire au grand axe de l'orbite, et c'est le pôle boréal qui est le plus voisin du Soleil lorsque la Terre se trouve en B, c'est-à-dire en aphélie.

Il résulte de là que, lorsque la Terre se trouve en C, le 21 mars, au commencement du printemps, l'intersection des deux plans se confond avec le rayon vecteur qui correspond à cette station de la Terre (1) : ce rayon est donc perpendiculaire à l'axe terrestre ; il est donc entièrement situé dans le plan de l'équateur. Voilà pourquoi la déclinaison du Soleil est nulle à cette époque de l'année.

A mesure que la Terre s'éloigne du point C, les rayons vecteurs que la Terre rencontre s'éloignent de plus en plus de l'intersection des deux plans ; les angles qu'ils font avec la partie septentrionale de l'axe terrestre deviennent de plus en plus petits ; ils s'éloignent donc eux-mêmes et progressivement de l'équateur. Voilà pourquoi, pendant tout le printemps, la déclinaison du Soleil augmente de plus en plus.

Quand la Terre est arrivée au point B, le 21 juin au commencement de l'été, le rayon vecteur que la Terre y rencontre tombe perpendiculairement sur l'intersection du plan de l'équateur avec celui de l'orbite terrestre. Ce rayon vecteur fait

(1) On appelle *rayon vecteur* d'un point de l'orbite terrestre, la droite qui joint ce point au centre du Soleil.

alors, avec la partie septentrionale de l'axe de la Terre, un angle de 66° 1/2 : il se trouve donc, en ce moment, à une distance angulaire de 23° 1/2 par rapport à l'équateur. A partir de cette époque, la déclinaison boréale du Soleil cesse d'augmenter.

Pendant tout le temps que la Terre met à se rendre du point B au point D, c'est-à-dire pendant tout l'été, les rayons vecteurs qui correspondent aux diverses stations successivement occupées par la Terre, s'éloignent de plus en plus de la partie septentrionale de l'axe : ils se rapprochent donc de plus en plus de l'équateur.

Lorsque la Terre se trouve en D, le 21 septembre, au commencement de l'automne, l'intersection des deux plans se confond de nouveau avec le rayon vecteur qui correspond à cette station de la Terre ; il est donc perpendiculaire à l'axe terrestre, et par conséquent entièrement compris dans le plan de l'équateur. Voilà pourquoi la déclinaison du Soleil est nulle à cette époque de l'année.

A mesure que la Terre s'éloigne du point D, les rayons vecteurs que la Terre rencontre s'éloignent encore de la partie de l'intersection des deux plans qui se confondait, le 21 mars, avec le rayon vecteur de la première station. Il en résulte que les angles qu'ils font avec la partie septentrionale de l'axe terrestre deviennent de plus en plus grands; ces rayons vecteurs passent donc de l'autre côté de l'équateur et s'en éloignent de plus en plus. Voilà pourquoi, pendant tout l'automne, la déclinaison australe du Soleil augmente de plus en plus.

Quand la Terre est arrivée au point A, le 21 décembre, au commencement de l'hiver, le rayon vecteur que la Terre y rencontre tombe de nouveau perpendiculairement sur l'intersection du plan de l'équateur avec celui de l'orbite terrestre. Ce rayon vecteur fait alors, avec la partie septentrionale de l'axe de la Terre, un angle de 113° 1/2 : il se trouve donc, en ce moment, dans l'hémisphère méridional et à une

distance angulaire de 23° 1/2 par rapport à l'équateur. A partir de cette époque, la déclinaison australe du Soleil cesse d'augmenter.

Pendant tout le temps que la Terre met à se rendre du point A au point C, c'est-à-dire pendant tout l'hiver, les rayons vecteurs qui correspondent aux diverses stations successivement occupées par la Terre, s'éloignent de plus en plus de la partie méridionale de l'axe : ils se rapprochent donc de plus en plus de l'équateur, avec lequel se confond de nouveau le rayon vecteur de la station C, lorsque la Terre y est de retour, c'est-à-dire, quand elle a terminé sa révolution annuelle.

49. Concluons de tout ceci que si le Soleil, après s'être successivement approché d'un pôle pendant six mois environ, s'arrête tout-à-coup dans sa marche progressive, et que, rebroussant chemin, il retourne pendant six autres mois vers le pôle opposé, c'est parce que l'axe de la Terre n'est pas perpendiculaire au plan de son orbite. C'est exactement à la même cause qu'il faut attribuer l'inclinaison mutuelle de l'écliptique et de l'équateur célestes. Cette obliquité, complément nécessaire de l'inclinaison de l'axe terrestre, était de 23° 27' 36" en 1834 : elle va d'ailleurs en diminuant d'une demi-seconde par année. Cela prouve que, en 1834, l'inclinaison de l'axe terrestre était de 66° 33' 24".

50. Le Soleil ne peut éclairer à la fois que la moitié de la surface de la Terre tournée de son côté, de manière que, pendant qu'un hémisphère est éclairé, l'autre est dans l'obscurité. Mais, comme la Terre fait une révolution autour de son axe en 24 heures, tous les points de sa surface passeront, *généralement*, devant le Soleil et auront par conséquent leur jour et leur nuit. Ainsi, l'alternative du jour et de la nuit est due au mouvement de rotation de la Terre sur son axe. C'est maintenant à l'obliquité du même axe qu'il nous faut recourir pour expliquer la durée, tantôt plus courte, tantôt

plus longue, de l'illumination solaire, ainsi que la distance variable, par rapport aux vrais points de l'est et de l'ouest, des points changeants où le Soleil se lève et se couche, dans chaque pays, pendant les 365 jours de l'année commune.

51. Essayons de nous faire comprendre. De ce que c'est parallèlement à l'équateur céleste que la Terre tourne sur son axe, et de ce que l'orbite qu'elle parcourt n'est point parallèle au même plan, résulte évidemment, pour toutes les personnes qui ne sont pas étrangères aux propriétés de l'étendue, que journellement le Soleil doit sembler décrire autour de nous, et parallèlement à l'équateur, des espèces de circonférences(1) dont les distances au plan de l'équateur céleste doivent varier de la même manière que la déclinaison du Soleil, dont nous avons indiqué plus haut les modifications successives.

Quand l'élévation de l'équateur sur l'horizon d'un lieu est plus grande que l'obliquité de l'écliptique, on doit comprendre que l'horizon du lieu rencontre toujours la circonférence diurne parcourue par le Soleil. Si la même élévation était, au contraire, moindre que la même obliquité, l'horizon du lieu ne rencontrerait plus la même circonférence.

Celui des arcs de la circonférence décrite par le Soleil, qui se trouve au-dessus de l'horizon, se nomme l'arc du jour, parce que sa grandeur indique la durée du jour véritable, ou le nombre des heures pendant lesquelles le Soleil se trouve au-dessus de l'horizon du lieu.

Si, par exemple (*fig.* 8), à une certaine époque de l'année, le Soleil paraissait couvrir la circonférence BD, l'arc *a* BA se-

(1) Nous disons des espèces de circonférences, parce que, en réalité, les révolutions diurnes du Soleil sont plutôt des tours de spirale héliçoïde que de véritables circonférences parallèles. Néanmoins, comme le passage d'un tour d'hélice au suivant est presque insensible, le Soleil, en 24 heures, n'avançant pas d'un degré sur l'écliptique, nous supposerons dorénavant que cet astre reste pendant un jour entier dans le même signe du Zodiaque, et nous regarderons ses révolutions héliçoïdales comme des circonférences de cercles parallèles à l'équateur.

rait l'arc du jour pour l'horizon du lieu dont le zénith est en Z.

52. La durée de l'illumination d'un même point de la Terre est relativement plus longue ou plus courte, selon qu'à l'égard de ce lieu, le Soleil, à midi, se tronve dans une position plus haute ou plus basse au-dessus de son horizon. C'est donc quand le Soleil est au Cancer, qne l'arc du jour est le plus long pour tous les points de l'hémisphère septentrional. Le même arc est le plus court possible pour les mêmes latitndes, quand le Soleil est au Capricorne. Le contraire a précisément lieu dans tout l'hémisphère opposé.

53. Quand le Soleil est à l'équateur, le cercle diurne qu'il semble décrire est un grand cercle, car il se confond avec la ligne équinoxiale. Or, l'équateur céleste et l'horizon d'un lieu se coupant toujours en deux parties égales, il en faut conclure que, pour toute la Terre, les pôles exceptés, l'arc du jour est précisément égal à la moitié de la circonférence diurne. Voilà pourqnoi il y a partout égalité entre le jour et la nuit, et pourquoi aussi les deux époques où le Soleil se meut sur l'équateur ont reçu le nom commun d'*équinoxes*.

54. A toutes les autres époques de l'année, il y a toujours et partout, sur la Terre, l'équateur excepté, une inégalité plus ou moins grande entre le jour et la nuit. C'est, au reste, de la latitude du lieu, et par conséquent aussi de l'angle formé par l'équateur avec l'horizon de ce lieu, que dépend toujours le plus ou le moins de durée de son illumination solaire. Plus ce dernier angle est grand, ou encore moins la latitude est élevée, plus le jour le plus long de l'année sera long pour uu lieu quelconque, et aussi, plus la nuit la plus longue sera longue pour le même lieu. Cela tient à ce que, à l'époque du jour le plus court, le Soleil séjourne autant de temps sous l'horizon d'un lieu qu'il est resté de temps au-dessus de lui pendant le jour le plus long. Il suit de là que partout, le Soleil, à l'époque du jour le plus court, se lève et se couche aux heures qui sont

diamétralement opposées à celles où il s'est levé et couché à l'époque du jour le plus long. Voilà pourquoi, quand nous nous occuperons de l'illumination des cadrans solaires, nous nous contenterons de fixer les époques précises du lever, ainsi que du coucher du Soleil, pour l'une quelconque des deux moitiés de l'année.

55. Pour les cercles polaires, l'élévation de l'équateur est précisément égale à l'obliquité de l'écliptique (23° 27' 36", en 1834). Il en résulte que l'un des tropiques est tout entier au-dessus de l'horizon, tandis que l'autre tropique est tout entier sous le même plan. Voilà pourquoi, sous les cercles polaires, le jour le plus long et la nuit la plus longue sont également de vingt-quatre heures, et pourquoi aussi, pour tous les points des zônes comprises entre les cercles polaires et les pôles, le Soleil ne se couche pas pendant une certaine partie de l'année, tandis qu'il ne se lève pas pendant une autre; ce qui produit un jour et une nuit factices de plus de vingt-quatre heures, et durant d'autant plus qu'on s'éloigne davantage des cercles polaires.

56. C'est aux véritables points de l'est et de l'ouest que le Soleil se lève et se couche à l'époque des équinoxes, puisqu'il se meut alors sur la circonférence de l'équateur ; mais pendant tout le reste de l'année il n'en est plus ainsi, parce que le Soleil ne reste pas sur ce grand cercle. Voilà ce qui fait que les deux points où le Soleil paraît et disparaît chaque jour, se trouvent six mois au nord de la véritable ligne est-ouest, tandis que, pendant le reste de l'année, ils sont au sud de la même ligne. La distance angulaire (mesurée sur l'horizon) de l'est vrai au vrai point de lever du Soleil, est ce que l'on appelle *amplitude ortive* (orientale de cet astre) : on nomme *amplitude occase* (occidentale), la partie de l'horizon comprise entre l'ouest vrai et le point qui correspond au véritable coucher du Soleil.

Passons à de nouvelles explications.

57. Le retour périodique des saisons est principalement dû

à la périodicité du mouvement de translation de la Terre autour du Soleil; il dépend aussi de l'inclinaison constante de son axe sur le plan de son orbite, puisque c'est à cette dernière cause qu'il faut attribuer l'inégalité des jours et des nuits pendant la durée de l'année. Pour nous en convaincre, s'il se peut, davantage, jetons un moment les yeux sur la figure 11.

Représentons-y d'abord le Soleil par S; puis, par C, B, D, A les quatre stations principales de la Terre dans son orbite; de sorte que C corresponde au 21 mars, ou à l'équinoxe de printemps; B, au 21 juin, ou au solstice d'été; D, au 21 septembre, ou à l'équinoxe d'automne; et A, au 21 décembre, ou au solstice d'hiver.

Dans chacune de ces positions, représentons par P Q l'axe de la Terre, autour duquel elle accomplit sa rotation diurne, indépendamment de son mouvement annuel dans l'orbite: le Soleil ne pourra jamais, comme nous l'avons déjà dit, éclairer que la moitié de la surface terrestre tournée de son côté, ainsi que l'indiquent les ombres et les clairs de la figure.

En premier lieu, dans la position C, le Soleil se trouve verticalement dans l'intersection de l'équateur F E et de l'écliptique H G, c'est-à-dire à l'équinoxe, et les pôles P et Q tombent tous deux sur le cercle d'illumination, c'est-à-dire, sur la limite du côté éclairé. Il fait jour à la fois sur une moitié de l'hémisphère nord et sur une moitié de l'hémisphère sud. Pendant que la Terre tourne sur son axe, chaque point de sa surface décrit une moitié de sa course diurne dans la lumière, et une moitié dans l'ombre; en d'autres termes, le jour est égal à la nuit sur tout le globe d'où vient le nom d'*équinoxe*. Il faut en dire autant de la position D, qui correspond à l'équinoxe d'automne.

B est la position de la Terre à l'époque du solstice d'été. Le pôle nord P et toute la région qui l'entoure, jusqu'à une distance égale à P B, ou à 23° 1/2 (c'est-à-dire, toute la région limitée par le cercle polaire arctique), restent constamment

éclairés pendant toute la durée de la rotation diurne, ou jouissent d'un jour de 24 heures; tandis qu'à la même époque, le pôle sud C et la région limitée par le cercle polaire antarctique, distant de 23° 1/2 du pôle sud, sont constamment plongés dans l'ombre durant la rotation diurne.

Relativement à la portion de la surface terrestre comprise entre les deux cercles polaires, il est évident que plus un point s'approche du pôle nord, plus il restera dans la lumière, et moins il restera dans l'ombre, en décrivant son cercle diurne : en d'autres termes, plus son jour sera long et sa nuit courte. Au nord de l'équateur, le jour aura donc plus et la nuit moins de douze heures: le contraire aura lieu dans l'hémisphère sud. Tous les phénomènes seront exactement inverses quand la Terre arrivera au point opposé A de son orbite.

58. Ces conséquences établies, tout le monde sait que la température d'un lieu de la surface terrestre dépend principalement, sinon entièrement, de son exposition aux rayons solaires. Tant que le Soleil est sur l'horizon d'un lieu, ce lieu en reçoit de la chaleur; mais il en perd, par suite du phénomène auquel on donne, en physique, le nom de *rayonnement*, aussitôt que le Soleil a passé sous l'horizon. Quand le Soleil est plus de douze heures au-dessus de l'horizon d'un lieu, et d'autant moins au-dessous, la température doit augmenter: le contraire doit avoir lieu quand c'est la nuit qui l'emporte sur le jour. Lors donc que la Terre se meut de C vers B, les jours devenant plus longs et les nuits plus courtes pour l'hémisphère nord, la température doit aller en croissant pour cet hémisphère, et nous passons du printemps à l'été, tandis que le contraire a lieu dans l'hémisphère sud. Quand la Terre passe de B en D, les jours et les nuits approchent de nouveau de l'égalité : il s'établit donc une espèce de compensation entre la chaleur reçue du Soleil et celle qui est enlevée à la Terre par le rayonnement : nous sommes alors en automne. De D en A, les phénomènes se

manifestent dans un ordre inverse : l'hémisphère nord marche vers son hiver, tandis que c'est vers son été que l'hémisphère sud se dirige.

59. Pour terminer ce troisième chapitre, et ce que nous avons à dire relativement à la Cosmographie, rappelons que la surface de la Terre se divise en cinq zônes: une zône torride, située des deux côtés de l'équateur, entre les deux tropiques; deux zônes tempérées, comprises entre les tropiques et les cercles polaires, et deux zônes glaciales, comprises entre les deux pôles et les cercles polaires.

Dans tous les pays de l'une quelconque des deux zônes tempérées, les jours ne sont égaux aux nuits qu'à l'époque des équinoxes; le jour et la nuit les plus longs sont de moins de 24 heures, et il y a d'autant moins d'inégalité entre les plus longs et les plus courts, que le pays est plus voisin de l'équateur.

Dans les pays situés dans la zône torride, il y a toujours peu d'inégalité entre les jours. Le Soleil, à midi, atteint une grande hauteur, et deux fois par an il passe au zénith.

Aux tropiques, le passage du Soleil au zénith n'a lieu qu'une fois par an.

Sur tous les points de l'équateur, les jours sont constamment égaux aux nuits, et par conséquent toujours de 12 heures.

Aux cercles polaires, la plus longue nuit et le plus long jour sont de 24 heures.

Entre chaque cercle polaire et son pôle, la longueur du jour, vers l'un des solstices, et des nuits, vers l'autre solstice, va en augmentant sans cesse. Enfin, aux pôles, un jour et une nuit d'environ six mois se partagent l'année à peu près également.

Des observations précédentes est venue l'idée de partager la surface de chaque hémisphère terrestre en petites zônes, nommées *climats*. La première zône commence à l'équateur,

et elle s'étend jusqu'au parallèle sur lequel le plus long jour est de 12 heures et demie. La seconde zône commence où finit la première, et s'étend jusqu'au parallèle sur lequel le plus long jour est de 13 heures. La troisième zône commence où finit la seconde, et s'étend jusqu'au parallèle sur lequel le plus long jour est de 13 heures et demie. En continuant ainsi à faire un climat nouveau à chaque augmentation d'une demiheure de jour, on en est arrivé à compter vingt-quatre climats depuis l'équateur jusqu'aux cercles polaires. A partir de chacun des cercles, polaires, on compte encore six autres climats nommés *climats de mois*, parce qu'ils ont été établis d'après le nombre de mois de suite que dure le jour, et plus tard, la nuit, sur le parallèle qui, du côté du pôle, sert de limite à chacun d'eux.

PRÉLIMINAIRES INDISPENSABLES.

CHAPITRE PREMIER.

DÉFINITION ET CLASSIFICATION DES CADRANS SOLAIRES.

ARTICLE Ier.

60. Géométriquement considéré, *un cadran solaire* est un assemblage de lignes combinées avec une verge ordinairement immobile, et disposée de manière à marquer exactement l'heure qu'il est au Soleil, d'après la place occupée sur le cadran par celle des *lignes horaires* avec laquelle son ombre coïncide alors.

Nous avons dit précédemment (n° 4) qu'en traçant un cercle sur une table plane, en divisant ce cercle en vingt-quatre parties égales, et en fixant à son centre une tige droite et perpendiculaire à son plan, cet appareil, transporté au pôle, y pourrait servir de cadran. Nous verrons bientôt qu'il en peut servir à toutes les latitudes, pourvu que l'on donne à son style une position parallèle à la direction de l'axe du Monde : ce cadran est donc un véritable cadran universel. D'une construction plus simple que celle de tous les autres cadrans solaires, le cadran universel est celui dont il est le plus facile de se rendre compte ; c'est par son moyen que nous expliquerons tous les autres.

ARTICLE II.

CLASSIFICATION DES CADRANS.

61. On distingue ordinairement deux grandes sortes de cadrans solaires : les cadrans tracés sur des surfaces planes, et les cadrans tracés sur des surfaces courbes.

Les cadrans de la deuxième sorte sont fort peu employés : parmi ceux de la première, on compte d'abord le cadran universel, aussi nommé cadran équinoxial ou équatorial; puis le cadran horizontal, les cadrans inclinés, les verticaux, les polaires, et le cadran azimutal.

Les cadrans inclinés, les verticaux et les polaires, sont inclinés, verticaux ou polaires, sans déclinaison ou avec déclinaison.

Toutes ces différentes espèces doivent les noms qu'on leur donne à la position de leur plan ou table, par rapport aux plans et aux lignes diverses dont nous avons parlé au commencement de cet ouvrage.

62. Le *cadran universel*, par exemple, se nomme *équatorial*, parce que son style étant parallèle à l'axe du Monde, et perpendiculaire à sa table, le plan de celle-ci est nécessairement parallèle au plan de l'équateur. On l'appelle *équinoxial*, parce que l'équateur se nomme aussi ligne équinoxiale, le Soleil s'y trouvant à l'époque des équinoxes. Quant à son nom d'*universel*, on le lui a donné, parce qu'on peut en faire usage partout, sans y rien changer.

63. Le *cadran horizontal* doit son nom à ce que sa table doit toujours être parallèle à l'horizon du lieu où il se trouve. Il suit de là que cette table elle-même est horizontale.

64. Les *cadrans inclinés* se nomment ainsi, parce que leurs tables sont inclinées par rapport à l'horizon du lieu où elles se trouvent. Ces tables, d'ailleurs, ne doivent être parallèles ni au plan de l'équateur, ni à l'axe du Monde(1).

Dans les cadrans inclinés sans déclinaison, la table du cadran est inclinée par rapport à l'horizon du lieu, et les horizontales qu'on y peut tracer, sont perpendiculaires ou parallèles au plan du méridien. Il suit de là que cette table regarde exactement le nord ou le sud, l'est ou l'ouest.

(1) Dans le premier cas, le cadran incliné serait universel : il serait polaire dans le second cas.

Dans les cadrans inclinés qui déclinent, la table est encore inclinée par rapport à l'horizon; mais les horizontales qu'on y peut tracer ne sont plus ni perpendiculaires, ni parallèles au plan du méridien. Il suit de là que cette table ne fait exactement face ni au nord, ni au sud, ni à l'est, ni à l'ouest.

65. *Les cadrans verticaux* doivent leur nom à ce que leurs tables sont verticales.

Dans les cadrans verticaux sans déclinaison, la table du cadran est perpendiculaire ou parallèle au plan du méridien. Il suit de là que cette table regarde exactement le nord ou le sud, l'est ou l'ouest.

Dans les cadrans verticaux qui déclinent, la table, quoiqu'elle soit verticale, n'est ni perpendiculaire, ni parallèle au plan du méridien : elle forme donc avec ce plan un angle plus ou moins grand, et dont la grandeur constitue la déclinaison du cadran.

66. Les *cadrans polaires* se nomment ainsi, parce que leurs tables, indéfiniment prolongées, sont censées passer par les pôles du Monde.

Dans les cadrans polaires sans déclinaison, la table est perpendiculaire ou parallèle au plan du méridien : elle regarde donc exactement le nord ou le sud, l'est ou l'ouest.

Dans les cadrans solaires qui déclinent, la table n'est ni perpendiculaire ni parallèle au plan du méridien.

67. Enfin, le *cadran azimutal* se nomme ainsi, parce qu'il indique à la fois le temps vrai et l'azimut du Soleil au moment de l'observation.

68. La construction de tous les cadrans solaires dont nous venons de faire l'énumération, peut, en général, s'exécuter d'un fort grand nombre de manières : nous n'en indiquerons ordinairement que deux. Un plus grand nombre de méthodes mettrait le lecteur dans l'embarras de faire un choix, et lui occasionerait une étude superflue, quelquefois capable de le rebuter. Peu au fait de cette matière, comme nous le sup-

poserons, il risquerait de se déterminer pour la plus difficile et souvent pour la moins bonne.

De ces deux méthodes, l'une sera géométrique ou graphique, on n'y emploiera que la règle et le compas; l'autre s'exécute par le calcul. La première, beaucoup plus simple en apparence, devient souvent imparfaite dans la pratique. La seconde est beaucoup meilleure sous le rapport de l'exactitude des résultats qu'elle fournit. Le seul inconvénient qu'elle présente c'est d'exiger un certain travail préparatoire de la part de toutes les personnes qui ne sont point familiarisées avec l'usage des tables de logarithmes, sinus, tangentes, etc. Ce travail préparatoire, que nous allons indiquer au lecteur, n'exige que quelques heures d'application; mais il doit être fait, la plume et une table de logarithmes à la main.

CHAPITRE II.

INDICATION DES PRINCIPALES PROPRIÉTÉS DES LOGARITHMES, ET DISPOSITION DES TABLES QUI LES RENFERMENT.

69. Les *logarithmes* sont des nombres d'une invention admirable. Imaginés par *Néper*, gentilhomme écossais, ils abrègent les calculs d'une façon surprenante, et les rendent si faciles, que tout le monde en devient capable. L'on fait en moins d'une heure, par leur secours, ce que l'on ferait à peine en un jour avec un travail bien pénible, en ne les employant pas. Sans les logarithmes, on est souvent obligé de faire de grandes et longues multiplications suivies de divisions d'une grande étendue; et ces règles d'arithmétique, quand elles s'exécutent sur des nombres composés d'une grande quantité de chiffres, sont extrêmement sujettes à erreur. Les mêmes règles par logarithmes sont, au contraire, courtes, simples et faciles. Nous

nous servirons donc toujours des logarithmes, afin de profiter des avantages qu'ils nous présentent. Quant à leur théorie, nous n'en parlerons pas, non plus que de la manière de les calculer. Leur usage, voilà tout ce qu'il nous importe de connaître.

70. Que le lecteur se procure donc une table de logarithmes, celle, par exemple, de *Jérome de la Lande*, qui est calculée avec cinq décimales: il y verra que chaque page est divisée en trois colonnes principales, séparées par un double trait. Dans chacune de ces trois colonnes verticales, s'en trouvent trois autres. Dans la première, à gauche, se trouvent les nombres naturels; dans celle du milieu, se trouvent les logarithmes des nombres placés à leur gauche : quant à celle de droite, on y trouve, toutes calculées, les différences qui existent entre les logarithmes consécutifs. Ainsi, vis-à-vis du nombre 1890, on trouve le logarithme 3,27646; et vis-à-vis du nombre 1891 se trouve le logarithme 3,27669. Or, si l'on retranche le premier de ces logarithmes du second :

$$\begin{array}{lr} & 3.27669 \\ & 3.27646 \\ \hline \text{le reste ou la différence. . . .} & 0.00023 \end{array}$$

est bien le nombre qui se trouve dans les tables entre le logarithme de 1890 et celui de 1891.

71. Il est bon de remarquer que l'on n'a placé dans la troisième colonne des tables, que les derniers chiffres de la différence 0.00023, et que l'on a négligé tous les zéros du commencement. Cette manière d'agir simplifie les tables sans les rendre moins claires, puisqu'on sait que les chiffres des différences calculées représentent toujours des décimales du cinquième ordre.

Il est bon de remarquer encore que les différences n'ont pas été calculées pour les logarithmes de tous les nombres infé-

rieurs à 1000 : leur présence dans les tables n'eût été d'aucune utilité.

72. Pour les opérations relatives à la Gnomonique, des logarithmes avec cinq décimales sont suffisamment exacts : aussi, dans le cas où l'on aurait des tables avec six, sept ou huit décimales à leurs logarithmes, il ne faudrait tenir aucun compte de celles qui suivent la cinquième : seulement, quand la sixième décimale est un 5 ou un chiffre supérieur, il faut avoir soin d'ajouter une unité de plus à la cinquième décimale conservée. Ainsi, par exemple, pour le logarithme du nombre 21, on écrirait 1,32222, si l'on trouvait dans les tables 1,3222193, parce que la sixième décimale est un 9.

73. Les logarithmes d'abord ont la propriété de convertir la *multiplication* en *addition*, et la *division* en *soustraction*.

Pour multiplier un nombre par un autre, au moyen des logarithmes, on prend les logarithmes des deux nombres ; on les additionne, comme nous allons le faire : la somme est le logarithme du produit. Par exemple, veut-on multiplier 67 par 26 : on cherche le logarithme de 67 qui est. . 1,82607
et le logarithme de 26 qui est. 1,41497

on les ajoute ensemble, et la somme 3,24104

est le logarithme du produit. Ce logarithme, dans les tables, se trouve vis-à-vis du nombre naturel 1742, donc 67 multiplié par 26 égale 1742.

74. Si on veut diviser un nombre par un autre, et en trouver le *quotient* par les logarithmes, il faut soustraire le logarithme du *diviseur* du logarithme du *dividende* : le reste sera le logarithme du *quotient*. Par exemple, on veut diviser 7488 par 48 :

Le logarithme de 7488 est. 3,87437
Le logarithme de 48 est. 1,68124

Faites la soustraction ; il reste. 2,19313

qui est le logarithme du quotient. Il faut donc chercher ce logarithme, et on le trouvera vis-à-vis de 156 qui est le quotient cherché. C'est ainsi qu'on pourra toujours multiplier et diviser les nombres au moyen seulement de l'addition et de la soustraction de leurs logarithmes.

75. Pour extraire une *racine quarrée,* il faut chercher le logarithme du nombre donné et en prendre la moitié : cette moitié sera le logarithme de la racine quarrée. Par exemple, on veut trouver la racine quarrée de 4489 :

son logarithme est 3,65215
dont la moitié égale 1,82607

que l'on trouvera dans la Table vis-à-vis du nombre 67 : telle est la racine quarrée que l'on cherche.

Veut-on trouver la *racine cubique* d'un nombre, il faut chercher son logarithme et en prendre le tiers : ce sera le logarithme de la racine cubique. Exemple : on veut avoir la racine cubique de 5832, dont le logarithme est. . 3,76582
le tiers de ce logarithme étant. 1,25527

et ce logarithme correspondant à 18 : ce nombre 18 est la racine cubique de 5832.

Pour élever un nombre à son *quarré*, il faut prendre le double de son logarithme : ce sera le logarithme de son quarré. Pour trouver le cube d'un nombre, il faut tripler son logarithme : ce sera le logarithme du cube cherché.

76. Une chose bien importante à retenir, c'est que les nombres naturels 1, 10, 100, 1000, 10000, etc., ont respectivement pour logarithmes 0, 1, 2, 3, 4, etc. Il suit de là que les logarithmes des nombres, depuis 1 jusqu'à 10, commencent par zéro. Depuis 10 jusqu'à 100, ils commencent par 1 ; depuis 100 jusqu'à 1000, ils commencent par 3 ; depuis 10000 jusqu'à 100,000, ils commencent par 4, etc. Ce premier chiffre, qui représente la partie entière d'un logarithme, s'appelle la *caractéristique.* Quand la caractéristique d'un logarithme, est 4, ou

supérieure à 4, le nombre naturel correspondant est plus grand que 10000, et ne se trouve pas dans les Tables.

77. Pour trouver à quel nombre au-dessus de 10000 correspond le logarithme 4,44284, changez, pour un moment, la caractéristique 4, en celle qui est la plus grande dans vos Tables, c'est-à-dire en 3, vous aurez alors 3,44284. Cherchez parmi les logarithmes moindres que 3,44284, quel est celui qui en approche le plus : ce sera 3,44279, qui appartient au nombre 2772. Ecrivez 3,44279 au-dessous de 3,44284, et faites la soustraction suivante :

$$\begin{array}{r} 3{,}44284 \\ 3{,}44279 \\ \hline 0{,}00005 \end{array}$$

Le reste sera égal à 5 cent-millièmes. Mettez ce 5 à part, en plaçant à sa droite autant de zéros que vous aviez d'unités au-dessus de 3 à votre caractéristique, qui était 4 : vous aurez ainsi le nombre 50. Regardez alors dans les Tables la différence qu'il y a entre le logarithme de 2772 et celui de 2773 ; ce sera 16 que vous trouverez. Divisez 50 par 16 :

$$\begin{array}{r|l} 50 & 16 \\ \cline{2-2} 2 & 3\,{}^{2}/_{16} \text{ ou } {}^{1}/_{8} \end{array}$$

Le quotient sera 3 et le reste 2. Mettez 3 à la droite de 2772, et vous aurez 27723 pour le nombre dont le logarithme est 4,44284.

Si la caractéristique, au lieu d'être 4, eût été 5, il aurait fallu mettre deux zéros au lieu d'un à la suite du chiffre 5, et, par conséquent, diviser 500 par 16 : cela eût donné pour quotient le nombre 31, qui, mis à la suite de 2772, aurait donné dans ce cas 277231 pour nombre naturel, correspondant au logarithme 5,44284.

78. Pour trouver le logarithme d'un nombre plus grand que 10000, de 26784, par exemple : prenez d'abord le loga-

rithme des quatre premiers chiffres à gauche, c'est-à-dire, de 2678, en ajoutant 1 à sa caractéristique 3, parce qu'il y a un chiffre de plus dans 26784 que dans 2678; vous aurez 4,42781, qui sera le logarithme de 26780. Multipliez 16, différence qu'il y a entre les logarithmes de 2678 et de 2679, par le dernier chiffre 4 du nombre proposé 26784 : vous aurez pour produit 64. De ce produit retranchez le dernier chiffre 4, il ne vous restera plus que 6; ce sont les cent-millièmes à ajouter au logarithme de 26780, pour avoir celui de 26784. Ce logarithme est donc 4,42787.

Le dernier chiffre du produit 64 s'est trouvé plus petit que 5; c'est pourquoi on n'a pris que son premier chiffre 6. Si le dernier chiffre du produit avait été 5 ou un chiffre plus grand, au lieu d'ajouter seulement 6 cent-millièmes, on eût ajouté 7.

Si le nombre proposé avait eu 6 chiffres, comme 267847, la caractéristique eût été 5 au lieu de 4; on eût multiplié 16, non plus par 4, mais par 47, et l'on eût retranché deux chiffres au lieu d'un sur la droite du produit trouvé.

CHAPITRE III.

NOTIONS ÉLÉMENTAIRES DE TRIGONOMÉTRIE.

ARTICLE Ier.

DISPOSITION ET USAGE DES TABLES DE SINUS, TANGENTES, ETC.

79. On appelle *sinus* d'un angle ou d'un arc (1), une ligne droite abaissée, de l'une des extrémités de cet arc, perpendiculairement sur le rayon qui passe par l'autre extrémité du même arc. La ligne FH (*fig.* 16) est le sinus de l'arc BF ou de

(1) Nous disons d'un angle ou d'un arc, parce que le sinus d'un angle est le même que le sinus de l'arc qui lui sert de mesure.

l'angle B A F. De même, la ligne F G est le sinus de l'arc F I, ou de l'angle F A I.

Le sinus d'un arc est la moitié de la corde d'un arc double. Ainsi F H est la moitié de F D qui est la corde de l'arc F B D, double de l'arc F B. Il faut bien se souvenir de cette proposition : on en fait le plus grand usage.

Le *cosinus* d'un angle ou d'un arc est le sinus du complément de cet arc. La ligne G F est le cosinus de l'arc B F.

La *tangente* d'un angle ou d'un arc est une ligne qui est perpendiculaire à l'extrémité du rayon passant par une des extrémités de l'arc, et se terminant à la rencontre du rayon qui passe par l'autre extrémité du même arc.

La *cotangente* d'un angle ou d'un arc est la tangente de son complément.

La droite B C est la tangente de l'arc B F, et la ligne I E est sa cotangente, ou la tangente de son complément I F.

La *sécante* d'un angle ou d'un arc est le rayon prolongé jusqu'à sa rencontre avec la tangente. La ligne A C est la sécante de l'arc B F, et la ligne A E est sa *cosécante* ou la sécante de l'arc I F.

Afin de simplifier nos calculs, nous éviterons de nous servir des sécantes et des cosécantes.

80. Pour faire comprendre plus aisément ce que nous venons de dire des lignes trigonométriques, c'est-à-dire des sinus, tangentes, etc., nous avons fait graver la figure 17 sur une échelle assez grande pour qu'on n'y trouve rien de confus. A B C est un quart de cercle dont A est le centre. Quoique nous ne l'ayons divisé que de 5 en 5 degrés, pour éviter la confusion, rien n'empêche qu'on ne le conçoive divisé, non-seulement en tous ses degrés, mais encore chaque degré en 60 minutes, etc. Chacune des lignes A B ou A C représente un immense rayon que l'on suppose, dans les Tables, exactement divisé en 10,000,000,000 de parties égales : c'est ce que l'on

appelle le rayon des Tables, le sinus de 90 degrés, ou le sinus total ; car on le nomme encore ainsi.

Cela posé, imaginez-vous l'arc CB divisé en 5400 parties égales, ce seront toutes les minutes contenues dans les 90 degrés de cet arc. Supposez que de chaque point de division a, b, c, d, e, etc., on ait abaissé, sur le rayon AB, des perpendiculaires $a \cdot 5$, $b \cdot 10$, $c \cdot 15$, $d \cdot 20$, etc. : toutes ces perpendiculaires seront les sinus de tous les arcs du quart de cercle. Par exemple, le sinus de l'arc Ba est $a \cdot 5$; le sinus de l'arc Bb est $b \cdot 10$; le sinus de l'arc Bc est $e \cdot 15$, et ainsi des autres.

La ligne BQ est une tangente que la petitesse du format des planches n'a pas permis de prolonger davantage. Les lignes AQ, AP, AO, AN, AM, AL et les autres jusqu'à AE, sont les sécantes qui viennent se terminer à la rencontre de ces tangentes BQ, BP, BO, BN.....; et celles-ci se terminent elles-mêmes à la rencontre de chaque sécante. Chaque arc a donc un sinus, une tangente et une sécante caractéristiques.

Ces diverses lignes vont toujours en augmentant de longueur, selon une certaine gradation, à commencer par l'angle BAa ou BAE, jusqu'à BAC. C'est cette gradation qu'on a calculée et dont on a fait des tables, nommées Tables de sinus, tangentes, etc.

81. Dans ces Tables, le rayon ou sinus de 90 degrés est égal à 10,000,000,000, dont le logarithme est égal à 10, et chaque page à gauche contient 9 colonnes de haut en bas. Dans la première, se trouve l'indication des 30 premières minutes du degré auquel est consacrée cette page ainsi que la suivante : la seconde colonne contient les logarithmes des sinus; la troisième, les différences entre les logarithmes de la colonne précédente ; la quatrième, les logarithmes des tangentes ; la cinquième, les différences communes aux logarithmes des tangentes et des cotangentes; la sixième, les logarithmes des cotangentes; la septième, ceux des cosinus; la huitième, les différences entre les logarithmes de ces cosinus; la neuvième

et dernière contient enfin l'indication des 60 dernières minutes du degré, numérotées en sens contraire des 30 précédentes qui sont écrites dans la première colonne.

La page de droite ne diffère de celle de gauche que par les première et neuvième colonnes. Dans la première se trouve l'indication des 30 dernières minutes du degré auquel les deux pages sont consacrées : dans la dernière on trouve, en sens contraire, l'indication des 30 premières minutes.

Les minutes écrites dans la première colonne, soit sur la page de droite, soit sur la page de gauche, servent pour tous les angles au-dessous de 45 degrés, et dont l'indication se lit en haut des pages à la suite des mots sinus, tangentes, etc. : les minutes écrites dans les neuvièmes colonnes des pages de droite ou de gauche, servent, au contraire, pour tous les angles plus grands que 45 degrés, et dont l'indication se lit au bas des pages à la suite des mêmes mots.

82. Il résulte de ces observations différentes, qu'il y a deux pages de consacrées pour chacun des degrés, depuis zéro jusqu'à 44, ce qui fait 90 pages en tout. A la fin, c'est-à-dire au bas de la dernière page située à droite et portant en haut l'indication de 44 degrés, se trouve la fin des arcs qui correspondent à la première moitié des 90 degrés qui se trouvent dans un angle droit. Cette première moitié se trouve terminée par l'indication suivante : 44 degrés 60 minutes, véritable valeur de 45 degrés. C'est là que commence le 45e degré, et par conséquent, aussi, tous les arcs qui correspondent à la seconde moitié du nombre 90. L'indication des arcs ayant plus de 45 degrés est écrite au bas des deux pages : ils vont en rétrogradant, et les minutes en plus, indiquées sur leurs neuvièmes colonnes des pages consacrées au même degré, doivent se compter en allant de bas en haut et de droite à gauche.

83. D'après tout cela, voulez-vous trouver le logarithme du sinus de 33° 45'? cherchez au haut des pages le nombre 33° et descendez dans la première colonne intitulée *sinus*, jusqu'à ce

que vous soyez vis-à-vis du nombre 45' de la première colonne : le nombre auquel vous parviendrez ainsi sera 9,74474 qui est le logarithme du sinus de l'arc ou de l'angle de 33° 45'.

Voulez-vous, au contraire, trouver le logarithme du sinus d'un arc de plus de 45°, celui de l'arc de 64° 54' par exemple? cherchez au bas des pages l'indication du sinus 64°; puis, partant de la droite, remontez dans la colonne des sinus jusqu'à ce que vous vous trouviez vis-à-vis du nombre 54', écrit dans la neuvième colonne : vous arriverez ainsi au nombre 9,95686 qui est le logarithme du sinus de 64° 54'.

84. Les logarithmes des tangentes se trouvent de même : il faut seulement ne pas oublier que passé 45°, les tangentes sont plus grandes que le rayon des Tables. Ainsi, leurs logarithmes doivent surpasser 10. Si donc, comme cela arrive dans quelques Tables, on trouvait zéro pour caractéristique du logarithme d'une tangente d'un arc plus grand que 45°, il ne faudrait pas oublier d'écrire 10, au lieu de zéro, pour caractéristique du logarithme trouvé.

85. Pour trouver promptement à combien de degrés et de minutes correspond un logarithme de sinus, le logarithme 9,96261 par exemple : on remarquera qu'on ne peut le trouver dans aucune des colonnes portant l'indication de sinus vers le haut de la page, puisque le plus grand de tous, celui de sinus 44°, 60' est seulement égal à 9,84948 : il faut donc chercher le nombre 9,96261 dans la colonne des sinus indiqués par en bas, et rétrograder dans cette colonne, d'abord jusqu'à ce que vous ayez trouvé le premier chiffre décimal 9 ; puis rétrograder encore jusqu'à ce que vous ayez trouvé successivement les chiffres suivants 6, 2, 6, 1, si la chose est possible. En le faisant, vous arriverez au logarithme 9,96262, qui est celui du sinus 66° 33'.

Le nombre des degrés et des minutes auquel correspond le logarithme d'une tangente se trouve de la même manière.

86. *Remarque.* Quand on ne trouve pas dans les Tables un

logarithme juste tel que le calcul l'a donné, on prend toujours, pour le remplacer, le logarithme des Tables qui en approche le plus.

Les Tables de logarithmes, dont nous venons de nous occuper, servent en général à la résolution de toutes sortes de triangles; mais comme tous les triangles que nous aurons à résoudre sont rectangles, et qu'il y a pour ces sortes de triangles des méthodes particulières presque toujours beaucoup plus courtes et plus faciles que les générales, nous allons donner uniquement les méthodes, qui sont propres aux triangles rectangles.

ARTICLE II.

APPLICATION DES TABLES A LA RÉSOLUTION DES TRIANGLES RECTANGLES.

Premier cas.

87. Supposons que dans un triangle BAC rectangle en A (*fig.* 18), on connaisse l'hypothénuse B C et un angle aigu C;

Pour trouver le côté A B, *opposé à l'angle connu* C, *multipliez l'hypothénuse* B C *par le sinus de l'angle* C, *et divisez le produit par le rayon des tables.*

Exemple : B C = 2000 et l'angle C = 35° 48′ : en opérant par logarithmes, on aura :

Log. B C ou log. 2000.	=	3.30103
Log. sin. C ou log. sin. 35° 48	=	9.76712
Somme.		13.06815
Log. R ou log. 10,000,000,000. . .	=	10.00000
Reste. . . .		3.06815

Tel est le logarithme du nombre qui représente le côté A B. Ce logarithme cherché parmi les logarithmes des nombres

naturels, correspond approximativement à 1170. Telle est la valeur approchée de la ligne AB.

Pour trouver de même le côté AC, il faudrait multiplier l'hypothénuse BC par le sinus de l'angle B, et diviser le produit par le rayon des Tables.

Deuxième cas.

88. Si le côté connu est un de ceux qui forment l'angle droit, comme AB par exemple : *on trouvera l'autre côté de l'angle droit, c'est-à-dire le côté* AC, *en multipliant le côté* AB *par la tangente de l'angle opposé, et en divisant le produit par le rayon des Tables.*

Quant à l'hypothénuse BC, *on en trouvera la valeur en multipliant un des côtés de l'angle droit par le rayon des Tables, et en divisant le produit par le sinus de l'angle opposé au côté que l'on a multiplié.*

Troisième cas.

89. Le troisième cas est celui où l'on connaît les deux côtés de l'angle droit.

Pour trouver alors un des angles aigus, l'angle B par exemple, il faut en chercher la tangente.

Or, *dans un triangle rectangle, la tangente d'un angle aigu* B *s'obtient en multipliant le côté* AC, *opposé à cet angle, par le rayon des Tables, et en divisant le produit par le côté adjacent.*

Exemple : Soit AB = 45 et AC = 63 : en opérant par logarithmes, on aura :

Log. AC ou log. 63 . . . . =	1.79934
Log. R ou 10,000,000,000. . . . . =	10.00000
Somme. . . .	11.79934
Log. AB ou log. 45.	1.65321
Reste. . . .	10.14613

Ce logarithme cherché parmi ceux des tangentes, correspond à l'angle de 54° 78'; telle est donc la valeur de l'angle B.

On trouverait l'angle C en faisant un calcul semblable ; mais ce calcul est inutile, puisque l'angle C peut s'obtenir en ôtant 54° 78' de 89° 60'.

$$\begin{array}{r} 89^{\circ}60' \\ 54\ 28' \\ \hline \end{array}$$

le reste qu'on trouve, 35° 32', est la valeur de l'angle C.

Quatrième cas.

90. Si les deux côtés connus du triangle rectangle sont l'hypothénuse BC, et l'un des côtés qui forment l'angle droit, comme AC par exemple : pour trouver l'angle B, qui est l'opposé du côté connu, il faut en calculer le sinus.

Or, *dans tout triangle rectangle, le sinus d'un angle aigu C est égal au côté opposé à cet angle multiplié par le rayon des Tables, et divisé par l'hypothénuse.*

Lorsque l'on connaît ainsi l'angle B, on en retranche la valeur de 89° 60', et l'on trouve pour reste l'angle C. On calcule ensuite la valeur du troisième côté, en suivant pour cela la règle établie dans le premier cas.

CHAPITRE IV.

COMPAS A VERGE; ÉCHELLES.

ARTICLE. Ier.

DESCRIPTION ET USAGE DU COMPAS A VERGE, ET DE SON ÉCHELLE DES PARTIES ÉGALES.

91. *Le compas à verge* est une règle de métal ou de bois, qui a deux pointes d'acier que l'on peut faire glisser, pour les

éloigner ou pour les rapprocher l'une de l'autre. Ces pointes sont attachées aux bords de deux boîtes percées à jour, dans lesquelles on fait entrer la règle. Il y a, de plus, une vis à chaque boîte, pour la fixer en n'importe quel point voulu de la règle. Sur la figure 19, AB est la règle qui doit avoir de 10 à 13 décimètres (3 à 4 pieds). Quand elle est de bois, il faut que ce soit du cormier, ou quelque autre bois dur, compacte, et qui ne soit pas récemment coupé, de peur que la règle ne se courbe. C et D sont les deux boîtes mobiles de cuivre, auxquelles sont attachées des pointes d'acier qui doivent être perpendiculaires à la règle. Pour faire voir plus distinctement les différentes parties de ces boîtes, nous en avons représenté une en grand, sur la figure 20. La pointe fixée à cette boîte est G et la vis est F : l'une et l'autre sont d'acier. L'extrémité de la vis ne s'applique pas immédiatement sur la règle, de peur qu'elle n'y laisse des empreintes : elle pose sur une lame d'acier HL, qui, en se pliant vers le milieu, serre la règle et empêche la boîte de glisser.

92. Quand on veut décrire une circonférence avec ce compas, on écarte les deux boîtes jusqu'à ce que la distance des pointes soit égale au rayon du cercle à décrire. Ensuite, on applique une pointe du compas sur le point qui doit servir de centre, et on fait tourner le compas autour de cette pointe, de façon que l'autre pointe grave sa trace sur le plan : cette trace est la circonférence cherchée.

On se sert beaucoup du compas à verge pour marquer sur un plan les longueurs qu'on veut, en écartant ou en approchant les deux pointes : mais, afin de rendre l'usage de ce compas plus étendu et plus commode, on y fait ordinairement une échelle ou même deux, l'une contenant seulement des parties égales, et l'autre ayant pour objet d'indiquer les longueurs des cordes des différents arcs. Pour cet effet, chaque face de la règle, sur la superficie de laquelle on veut tracer une échelle, doit avoir 3 ou 4 centimètres (1 pouce ou 1 pouce 6 lig.) de largeur.

93. *L'échelle des parties égales* (*fig.* 21) doit contenir deux ou trois mille de ces parties marquées, de centaine en centaine, par des perpendiculaires à des lignes parallèles et tirées selon la longueur de la règle. Pour ce qui est des parties intermédiaires, depuis le commencement d'une centaine jusqu'à sa fin, on les marque au moyen de dix parallèles tirées, comme nous venons de le dire, selon la longueur de la règle, et combinées avec dix transversales tracées entre le commencement et la fin de chaque centaine. Toutes ces parallèles sont également éloignées l'une de l'autre, et il en est de même des transversales. Nous ne comptons que dix parallèles, parce que nous n'y comprenons pas celle qui passe par les commencements des perpendiculaires et des transversales.

Pour faire concevoir clairement la construction de l'échelle des parties égales d'un compas à verge, nous avons fait graver la figure 21, qui représente une partie du côté de la règle sur lequel cette échelle se trouve. Chacune des lignes AB ou *ab* contient cent parties : BC en contient aussi cent, etc. Les perpendiculaires B*b*, C*c*, désignent la fin de chaque centaine, et, pour marquer les parties intermédiaires, on se sert des parallèles 1·1, 2·2, 3·3, 4·4, 5·5, 6.6, 7·7, 8·8, 9·9, ainsi que des transversales telles que A·I, I·II, II·III, III·IV, IV·V, V·VI, VI·VII, VII·VIII, VIII·IX, IX *b*, qui sont dans l'espace de chaque centaine. Ce sont les intersections de ces parallèles et de ces transversales qui déterminent le nombre des parties égales comprises depuis le commencement de la règle jusqu'à ces intersections. Nous voulons dire que les intersections de la première transversale d'une centaine avec les dix parallèles longitudinales, désignent les dix premières parties; que les intersections de la seconde transversale avec les dix mêmes parallèles, désignent les dix parties suivantes, et que la même chose a lieu pour les huit autres transversales. Il suit de là que, à la fin, la dixième intersection de la dernière transversale doit se réunir avec la perpendiculaire qui termine la centaine. Pour

plus de clarté, on marque aussi les cinquantaines par des perpendiculaires ponctuées V·V.

94. Concluons de ce que l'on vient de dire, que, pour avoir la longueur qu'occupe un certain nombre de parties, 147, par exemple, il faut prendre d'abord tout l'espace de la première centaine. On y ajoute ensuite l'espace qui est entre le commencement de la seconde centaine et la fin de la quatrième transversale, parce qu'il y a quatre dizaines de représentées par le chiffre 4. On y ajoute enfin l'espace qui est entre la quatrième transversale et la septième intersection de la cinquième transversale, à cause des sept unités. La somme de tous ces espaces sera alors la longueur DE, qui contient les 147 parties demandées.

ARTICLE II.

CONSTRUCTION ET USAGE DE L'ÉCHELLE DES CORDES.

95. Pour ce qui est de l'échelle des cordes, il est à propos de la faire sur le côté de la règle qui est opposé à l'échelle des parties égales, si toutefois ce côté est plus large que les deux autres côtés qui restent. Sa construction ressemble beaucoup à celle de l'échelle des parties égales, qui doit lui servir de base et comme de fondement. On y suppose que le rayon du cercle dont on veut marquer les cordes est égal à 1000 parties de la première échelle, ou du moins à un nombre de ces parties qui soit exactement formé des aliquotes de 1000, comme 500, ou 800, ou 1200 ou 1500, ou 2000, etc. Pour plus de facilité, nous supposerons ici ce rayon de 1000 parties.

Cela posé, le rayon d'un cercle est toujours égal à la corde de 60°: ainsi la corde de 60° doit contenir 1000 parties de la première échelle. On tire donc d'abord une perpendiculaire aux parallèles tracées selon la longueur de la règle, comme dans la première échelle, en ayant bien soin que la

perpendiculaire corresponde exactement à celle qui désigne 1000 parties dans la première échelle.

Pour avoir ensuite le nombre des parties que doivent contenir les autres cordes, il faut, premièrement, chercher dans une Table ordinaire les logarithmes des sinus des arcs qui ne sont que les moitiés de ceux dont on veut avoir les cordes. On ôte ensuite sept unités à la caractéristique, parce qu'il y a sept chiffres de plus au rayon des Tables 10000000000 qu'au rayon 1000 du cercle dont on cherche les cordes. On cherche enfin le nombre correspondant et on le double. Ces trois choses faites, le résultat de la dernière multiplication est la corde cherchée.

On trouvera ainsi que la corde de 30° est de 518 parties. En effet, si du logarithme du sinus de 15° on ôte sept unités à la caractéristique, on aura pour nombre correspondant, ou pour sinus de 15°, le nombre 259, dont le double 518 est la corde qui sous-tend l'arc double, c'est-à-dire l'arc de 30°. On obtiendra évidemment de la même manière les cordes des autres arcs.

96. Quand on a trouvé les cordes de tous les degrés, depuis 1 jusqu'à 90, on en indique les longueurs, sur le côté de la règle, par des perpendiculaires aux parallèles longitudinales, comme nous avons dit qu'il fallait le faire par rapport à la corde de 60°. On écrit ensuite sur ces perpendiculaires, de 5 en 5 ou de 10 en 10, les nombres qui désignent les degrés de ces cordes ; 35°, par exemple, sur la perpendiculaire qui désigne la fin de la corde de 35 degrés.

Toutes les cordes que l'on voulait indiquer étant ainsi représentées de degré en degré, si l'on tire une transversale du commencement de chaque perpendiculaire à la fin de la suivante, ces perpendiculaires couperont les dix parallèles; et les dix points d'intersection marqueront les minutes des degrés de 6 en 6, parce que chaque degré contenant 60 minutes, sa dixième partie en contient 6. Il est vrai que les intersections

de ces transversales supposent que les différentes cordes qui se rapportent au même degré, par exemple celles de 35° 6', de 35° 12', de 35° 18', de 35° 24' et de 36°, ont des différences égales, ou bien croissent en proportion arithmétique. Cette hypothèse n'est pas conforme à l'exacte vérité ; mais elle ne peut causer d'erreur sensible, puisqu'à peine peut-on s'apercevoir de l'inégalité qui existe entre les deux espaces que renferment deux degrés qui se suivent, par exemple, entre l'espace compris depuis le 35e degré jusqu'au 36e, et celui qui se trouve depuis le 36e jusqu'au 37e.

97. Comme l'erreur inséparable de la pratique est moindre à proportion, en employant de grandes mesures qu'en se servant de petites, il est à propos de construire l'échelle des cordes en supposant le rayon de 2000 parties au lieu de 1000 seulement. On trouvera, dans ce cas, le nombre de parties que les différentes cordes doivent avoir, en doublant ou en multipliant par 2 les nombres qui exprimaient les cordes semblables, quand on supposait le rayon égal à 1000. Ainsi, la corde de 30° étant de 518 parties, quand le rayon en contient 1000, elle sera de 1036, en supposant le rayon égal à 2000.

Il résulte de là qu'une seule échelle des cordes est suffisante et peut suppléer à plusieurs, en augmentant ou en diminuant le nombre des parties de l'échelle trouvées sur le côté d'une règle graduée.

Par exemple, connaissant, au moyen d'une échelle dont le rayon est de 2000 parties, que la corde de 30° en contient 1036, j'en conclus que si le rayon était de 3000 parties, la corde semblable en contiendrait 1554 ; parce que, comme 3000 contient 2000 plus la moitié de 2000, de même 1554 contient 1036 plus la moitié de 1036.

98. On peut aisément, par le moyen d'une échelle des cordes, faire sur un plan donné, avec le compas à verge, un angle de tant de degrés qu'on veut. Supposons, par exemple, que vous ayez à faire un angle de 50° en un certain point A

d'une droite que nous appellerons AX. Commencez par fixer la première boîte du compas à verge au commencement de la règle, ou plutôt de l'échelle, comme l'est celle qui est marquée C sur la figure 19; faites glisser la seconde boîte D jusqu'à ce que le bord auquel est attachée la pointe corresponde à la corde de 60°, et, du point A, comme centre, avec cette ouverture de compas, décrivez un arc suffisamment grand : cet arc, qui coupera la ligne AX en un certain point que nous appellerons B, aura son rayon égal au rayon de l'échelle, puisqu'il n'y a jamais de différence entre le rayon d'un cercle et la corde de 60°.

Quand cet arc sera décrit, écartez la seconde boîte de la première, de façon que la distance des deux pointes soit égale à la corde de l'angle à décrire, c'est-à-dire, ici, à la corde de 50; puis, ayant posé l'une des pointes au point B de la ligne AX, faites tourner l'autre pointe jusqu'à ce qu'elle tombe quelque part en un certain point (Z) de l'arc que vous aviez précédemment décrit. Joignez alors le point Z avec le point A, et l'angle ZAB, que vous aurez ainsi construit, sera un angle de 50°.

On se sert à peu près de même du compas à verge, pour trouver la grandeur d'un angle tracé sur un plan. Pour cela, avec un rayon égal à la corde de 60°, on trace un arc de cercle entre les deux côtés de l'angle, l'on compare la longueur de la corde qui sous-tend cet arc avec les différentes longueurs des cordes de l'échelle, et si, par exemple, on trouve que la corde tracée a la même longueur que la corde de 35° 6' sur l'échelle, on en conclut que l'angle mesuré est lui-même de 35° 6'.

CADRANS UNIVERSELS.

99. Les cadrans solaires de cette dénomination ont pour objet de faire connaître quelle heure il est à l'endroit où ils se trouvent, au moyen des ombres projetées à l'opposite du Soleil, par un style droit, parallèle à l'axe de la Terre, et perpendiculairement attaché sur un plan qui se trouve lui-même dans une situation exactement parallèle à celui de l'équateur. Ce plan représenté par les figures 22 et 23, est ce que l'on appelle la table du cadran.

CHAPITRE PREMIER.

PRÉPARATION DE LA TABLE ET DÉTERMINATION DES LIGNES HORAIRES.

100. On peut donner aux tables toute espèce de formes ; mais c'est le plus souvent la forme d'un quarré A B C D qu'on leur donne. On les confectionne ordinairement en fer, en cuivre, en marbre ou en ardoise. Si on en faisait une en bois, on devrait choisir pour cela du bois très-sec et lui donner un bon vernis, afin d'empêcher le bois de se déjeter aussi vite sous l'influence de l'humidité.

De quelque matière que la table soit faite, menez sur chacune de ses deux faces (*fig.* 22 et 23) deux diagonales A D et BE(1), dont les intersections feront connaître les centres C,C, des deux quarrés. Ensuite, autour de chacun des centres trouvés, tracez, avec le même rayon, une circonférence de cercle d'une grandeur convenable, et, par le procédé que nous indiquerons ci-dessous, divisez chacune de ces deux circonférences en 24

(1) On les a supprimées sur les deux figures, afin de les rendre plus nettes.

parties égales, eu ayant soin de faire en sorte que les points des divisions du dessus et du dessous de la table se correspondent parfaitement, c'est-à-dire qu'ils doivent être perpendiculairement situés l'un sous l'autre. Cela fait, joignez ces points de divisions avec le centre C, en traçant 24 rayons ou douze diamètres sur chaque face. En opérant ainsi, vous obtiendrez sur les figures 22, 23, les droites destinées à marquer les heures proprement dites.

101. *Pour diviser une circonférence en 24 parties égales*, tirez d'abord le diamètre 1·7, puis un autre diamètre 4·10 qui soit perpendiculaire au premier. Ouvrez ensuite votre compas d'une quantité qui soit égale au rayon; portez une de ses pointes sur le point n° 1, et faites retomber l'autre successivement de chaque côté, sur les points 3 et 11 : chacun des arcs 3·4, 11·10 sera égal à 1/12 de la circonférence. Si donc vous répétez la même opération pour les points n°s 4, 7 et 10, votre circonférence se trouvera exactement divisée en 12 parties égales. Cherchant alors le milieu x de l'arc 1·2, il ne vous restera plus qu'à prendre une ouverture de compas égale à 1·x et à la porter successivement de 2 en y, de 3 en z, etc.

Démonstration. L'ouverture de compas ou la corde 1·3 étant égale au rayon, l'arc 1·3 est de 60°. Or, l'arc 1·4 étant de 90°, il est évident que l'arc 3·4, qui est leur différence, est de 30°, douzième partie des 360° que la circonférence renferme. On trouverait de même 30° pour valeur de l'arc 11·10, puis pour celle des arcs 1·2, 6·7; 4·5, 9·10; 7·8, 1·12, trouvés deux à deux. Il résulte de là que les arcs des milieux, c'est-à-dire les arcs 2·3, 5·6, 8·9, 11·12, sont aussi de 30° chacun.

102. Les parties de la circonférence qui se trouvent entre deux rayons voisins d'une circonférence ainsi divisée, sont des arcs de 15 degrés, qui peuvent être partagés de nouveau en 2, en 3 ou en 4 parties égales, selon la grandeur de la table qui les renferme. Quand on les subdivise ainsi, le cadran so-

laire fait connaître le temps de 30 minutes en 30 minutes, ou de 20 minutes en 20 minutes, ou de 15 minutes en 15 minutes, suivant la nature des subdivisions opérées.

103. Quoi qu'il en soit des subdivisions effectuées, les chiffres qui doivent indiquer les heures s'écrivent en caractères romains aux extrémités des lignes horaires principales, comme on peut les voir écrits sur les figures 22 et 23.

Pour établir ces chiffres, on commence par écrire XII, au bout de celle des lignes qui est parallèle au côté BD ou AE; on met, au contraire, successivement les chiffres I, II, III, etc., aux extrémités des lignes qui se trouvent de proche en proche, à la gauche de la ligne parallèle C·XII : de l'autre côté, c'est-à-dire du côté droit, ce sont les chiffres XI, X, IX, etc., qu'il faut placer successivement en partant de C·XII.

Ce à quoi il faut bien veiller en effectuant cette espèce de numérotage, c'est que les lignes correspondantes des deux faces soient toujours affectées des mêmes numéros.

104. Quand le cadran dont on s'occupe est spécialement destiné pour un certain lieu, le nombre des lignes, qui seules marqueront effectivement les heures sur son plan supérieur, dépend évidemment de la durée du jour le plus long de l'année, relativement à la latitude où le cadran doit être placé. De cette manière, il faudra mettre 24 lignes sous les pôles, 24 lignes encore sous les cercles polaires, 18 lignes à la latitude de Paris, 14 lignes sous les tropiques, et 12 lignes seulement sous l'équateur.

Cela tient à ce que le Soleil ne se couche pas aux pôles pendant six mois : d'où il résulte qu'aux pôles, pendant tout ce temps, il ne doit pas cesser de marquer les heures sur un cadran universel.

Sous un cercle polaire, le Soleil ne se couche pas non plus, pendant tout le jour le plus long de l'année, pour l'hémisphère dont on s'occupe ; il en résulte que l'illumination solaire y dure, ce jour-là, pendant 24 heures.

A la latitude de Paris, l'illumination du Soleil dure plus de 16 heures, pendant le jour le plus long de l'année : il en résulte qu'il faut tracer 18 lignes horaires à cette latitude ; parce que l'ombre du style, au lever du Soleil, tombe entre la troisième et la quatrième ligne, et parce que, à son coucher, elle tombe entre la 8e et la 9e ligne d'heures.

Des motifs semblables peuvent être donnés, d'abord pour les tropiques, où le jour le plus long de l'année est d'une durée de 13 heures 26 minutes 50 secondes ; puis pour l'équateur lui-même, où le jour le plus long de l'année est précisément de 12 heures.

Tout ceci du reste n'est qu'une simple observation de notre part ; car il importe fort peu que l'on trace, sur les deux faces d'un cadran universel, les 24 lignes horaires sans exception, ou que l'on y trace seulement celles de ces 24 lignes sur lesquelles l'ombre du style peut effectivement tomber.

Dans tous les cas, il ne doit jamais y avoir moins de 12 lignes d'heures sur la face inférieure du cadran. Cela tient à ce que la durée la plus longue de l'illumination par le Soleil dure au moins 12 heures deux fois par an pour chacun des points du globe terrestre.

CHAPITRE II.

UTILITÉ DE L'ANALÈME ET DÉTERMINATION DES LIGNES DU ZODIAQUE.

ARTICLE Ier.

105. L'analème, qu'on nomme aussi *secteur*, *trigone* ou *triangle des signes*, et dont la figure 12 peut donner une première idée, mérite toute l'attention du lecteur. On s'en sert, en Gnomonique, pour tracer les diverses lignes que l'extrémité du style d'un cadran solaire détermine sur le plan de sa table, en

s'y projetant pendant chacun des jours où le Soleil se trouve dans l'un des douze signes du Zodiaque. Ces lignes d'ombres sont ce que l'on appelle *les lignes zodiacales du cadran :* elles y font l'office de calendrier perpétuel, indiquant chaque jour la place que le Soleil occupe dans l'écliptique, ainsi que l'époque exacte où commence chacune des quatre saisons.

106. Pour bien comprendre la construction et l'utilité de l'analème, figurez-vous d'abord que la circonférence A N Q P, (*fig.* 14) représente le globe étoilé, et que le Soleil se trouve exactement placé au point S, centre dudit globe; imaginez ensuite que le cercle concentrique A ♈ Q ♎ est la représentation de l'équateur céleste, et le cercle ♋ ♈ ♑ ♎ celle de l'écliptique, dont le Soleil semble décrire la circonférence, parce que c'est sur son plan que la Terre exécute le mouvement de translation qui lui fait parcourir annuellement son orbite allongée. Vous comprendrez alors que, le Soleil étant prodigieusement éloigné de la Terre, les rayons qu'il darde vers nous doivent nous arriver dans des directions sensiblement parallèles : ils se trouvent donc tous dans la même position, dans le même cas, que s'ils joignaient le centre du Soleil avec le centre de la Terre.

107. Cela posé, l'expérience nous apprend que l'ombre d'un corps sur un plan est d'autant plus longue que le point dont la lumière émane se trouve lui-même plus rapproché du plan sur lequel le corps est posé. L'expérience nous apprend aussi que les corps ne projettent, au contraire, aucune ombre latérale, quand le point qui les éclaire se trouve précisément au-dessus d'eux, dans une direction perpendiculaire au plan qui les porte. Vous devez comprendre, d'après cela, que la longueur d'ombre qu'un corps éclairé projette sur un plan quelconque, dépend uniquement de l'angle que les rayons de la lumière forment avec ce plan.

Tous les corps qui se trouvent sur des plans parallèles au plan de l'équateur, y projettent donc leurs ombres les plus lon-

gues quand la Terre passe devant le signe de la Balance (♎), époque, où c'est sur le prolongement de la ligne S ♈, que nous apercevons le disque du Soleil, qui paraît lui-même entrer dans le signe opposé, du Bélier (♈)

Supposez qu'à cette même époque, qui correspond au commencement du printemps, un corps B L (*fig.* 13) se trouve sur un plan R H, faisant avec l'équateur A Q un angle quelconque R C A : il est évident que ce corps B L projètera sur le plan R H une ombre qui se détermine en tirant, par son extrémité supérieure B, une droite B D, parallèle à la ligne A Q.

Si vous suivez maintenant avec attention la marche de la Terre pendant toute la durée de sa révolution, il vous sera facile de reconnaître et de vous expliquer ce qui suit.

108. Lorsque la Terre, descendant au-dessous de l'équateur A Q (*fig.* 14), passe du signe de la Balance (♎) au signe du Scorpion (♏), le Soleil, comme nous l'avons déjà dit, paraît et doit paraître se rendre lui-même du signe du Bélier (♈) au signe du Taureau (♉): il s'élève alors de plus en plus au-dessus de l'équateur.

Aussitôt que la Terre se trouve sur la ligne S ♏, le Soleil, qui se dessine dans le Ciel sur le prolongement de cette droite, paraît arrivé au signe du ♉, diamétralement opposé au signe du ♏, vis-à-vis duquel la Terre se trouve alors. A cette époque de l'année, les rayons du Soleil, dardés vers la Terre, forment, avec l'équateur A Q, l'angle B S ♉.

La Terre cheminant ensuite du signe du (♏) vers le signe du Sagittaire (♐), puis du Sagittaire vers le signe du Capricorne (♑), le Soleil semble marcher, au contraire, du signe (♉) vers le signe des Gémeaux (♊), puis du signe des Gémeaux vers le signe du Cancer (♋). Les rayons qu'il darde successivement vers la Terre forment donc, avec le plan de l'équateur, des angles respectivement égaux à C S ♊, puis à A S ♋.

109. Arrivé au signe du (♑), le globe terrestre se trouve, du côté du Sud, à sa plus grande distance de l'équateur céleste,

et le Soleil paraît être, du côté du nord, à sa plus grande distance du même plan, puisqu'il coïncide alors avec le signe du Cancer, diamétralement opposé au signe du Capricorne

110. A cette époque de l'année, la Terre, remontant vers l'équateur, passe successivement devant les signes du Verseau (♒) et des Poissons (♓). Le Soleil, de son côté, semble redescendre vers l'équateur, en coïncidant successivement avec les signes du Lion (♌) et de la Vierge (♍). Les angles ES♌, FS♍, que forment, avec le plan de l'équateur, les rayons solaires dardés vers la Terre, des deux signes du ♌ et de la ♍, sont précisément égaux aux angles que formaient, avec le même plan, les rayons solaires dardés des deux signes du ♈ et des ♊; c'est-à-dire que l'angle ES♌ est égal à l'angle CS♊, et que l'angle FS♍ est égal à l'angle BS♈. Cela tient à ce que les deux signes des ♊ et du ♈, aussi bien que les deux signes du ♌ et de la ♍, se trouvent à une égale distance du signe du ♋, qui est le plus élevé d'entre eux, par rapport au plan de l'équateur. Tous ces points d'ailleurs se trouvent dans le même plan.

111. Ce que nous venons de dire relativement à la position du Soleil apparaissant dans la partie septentrionale de l'écliptique, peut être redit également du Soleil, quand il apparaît dans la partie méridionale du même plan. De plus, les angles formés avec l'équateur par les rayons solaires dardés vers la Terre, des points septentrionaux du zodiaque, sont précisément égaux aux angles que forment, avec le même plan, les rayons solaires dardés vers la Terre, des points méridionaux correspondants de la même zône.

Ainsi, les trois angles BS♈, CS♊, AS♋, qui équivalent respectivement aux trois angles FS♍, ES♌, AS♋, équivalent encore respectivement aux trois angles B'S♏, C'S♐, QS♑, ainsi qu'aux trois angles F'S♓, E'S♒, QS♑. Aussitôt que l'on connaît les trois premiers angles, on est donc en état de fixer les ombres de tous ces corps, pour chacune des positions correspondantes du Soleil.

Par le moyen d'observations astronomiques, on a déterminé l'obliquité de l'écliptique, ou l'angle AS ♋ que le plan de l'équateur fait avec le plan de l'orbite terrestre. Cet angle qui était de 23° 27' 36" pour l'an 1834, diminue de 1/2" pour chacune des années suivantes.

112. *Construction graphique de l'analème.* — Connaissant, comme nous venons de le dire, l'obliquité de l'écliptique, pour dessiner un analème, commencez par tracer sur un cercle quelconque (*fig.* 15) deux diamètres EQ, NS, qui se coupent à angles droits, et supposez que, ce cercle représentant le colure des solstices, la ligne NS soit l'axe du Monde, et le diamètre EQ la représentation de l'équateur céleste. Si vous menez alors, par le centre C, un troisième diamètre AB qui fasse avec l'équateur EQ un angle ACE ou BCQ, précisément égal à l'obliquité connue de l'écliptique, ce diamètre AB vous représentera l'écliptique céleste. Divisez maintenant la circonférence ENQS en douze parties égales, en partant du point B, qui correspond au solstice d'été (♋) : si vous tirez par les autres points de division, également distants du point B, les cinq lignes ♌ ♊, ♍ ♉, ♎ ♈, ♏ ♓, ♐ ♒, ces diverses lignes, en rencontrant la ligne AB, détermineront sur elle les points F, G, C, H, I. Par tous ces points, ainsi que par le point A, menez des parallèles à l'équateur EQ, et finissez par joindre le centre C avec chacun des points K, L, M, N, D. Le secteur BCD, ainsi construit et divisé, sera tout-à-fait semblable à l'analème représenté par la figure 12.

Pour dessiner cette dernière figure, tirez d'abord une droite Sz, et transportez-y, à droite et à gauche, trois angles respectivement égaux aux trois angles QCB, QCK, QCL de la figure 15. Alors, la ligne Sz étant censée sur le plan de l'équateur, les trois angles construits à sa gauche indiqueront, relativement au plan de l'équateur, la direction des rayons solaires, aux différentes époques où le Soleil pénètre dans chacun des signes septentrionaux. Les angles situés du côté

opposé indiqueront au contraire la direction, par rapport à l'équateur, des rayons que nous envoie le Soleil lorsqu'il entre dans chacun des signes méridionaux. Il suit de là que, pour terminer entièrement l'analème, il vous faut tracer l'arc ♋ ♑, et placer, le long des différents côtés des angles que vous venez de construire, l'indication double des signes du Zodiaque qui leur correspondent, ainsi que nous l'avons fait nous-même sur notre figure qui peut vous servir de modèle.

Les personnes familiarisées avec les principes de la géométrie élémentaire se rendront aisément compte de toutes les opérations que nous venons de leur indiquer. Voyons maintenant quel usage on en peut faire.

ARTICLE II.

APPLICATION DE L'ANALÈME A LA CONSTRUCTION DES LIGNES ZODIACALES.

113. Pour tracer les lignes du Zodiaque, c'est-à-dire celles qu'un point quelconque du style décrit en un jour sur le cadran solaire à chacune des époques où le Soleil se trouve dans l'un quelconque des douze signes du Zodiaque, voici comment il faut s'y prendre.

Tirez d'abord une droite B D (*fig.* 25), afin de vous représenter le plan du cadran solaire vu de profil. Sur cette ligne BD, marquez exactement les limites B et D, ainsi que le centre C du cadran solaire; puis, par le point C, au travers de la ligne BD, menez une droite PA qui soit perpendiculaire sur BD : cette droite PA sera le style du cadran solaire, et c'est de l'un des points de cet axe que doit partir l'analème ♋ p ♑ que l'on aperçoit sur la figure.

Afin de bien dessiner ce secteur, prenez un point quelconque p, sur la droite P A, et menez sur cette droite la perpendiculaire ♎ pz : cette droite sera parallèle au plan du cadran,

et par conséquent parallèle au plan de l'équateur. Si donc on achève l'analème, en y mettant les rayons des signes p ♋, p ♉, p ♍, etc., ces rayons se trouveront, par rapport au cadran solaire, exactement dans la position où se trouvent, par rapport à l'équateur, les rayons émanés du Soleil, lorsque cet astre se trouve dans chacun des douze signes du Zodiaque. En effet, dans le plan formé par le style et par la droite ♎ pz, les rayons solaires, quand ils sont parallèles à l'équateur, doivent être parallèles au plan des cadrans ; il suit de là que pv', px' et py', rayons prolongés des signes méridionaux de l'analème, déterminent sur la droite BD les trois points v'', x'', y'' qui sont les trois principales ombres du point p, celui des points du style PA, où l'on a cru devoir fixer arbitrairement le sommet de l'analème construit.

114. La position de ce secteur est exactement la même par rapport à toutes les lignes qui marquent les heures. Si donc nous supposons qu'il tourne autour du point p, en conservant une position invariable, par rapport au plan du cadran solaire, et par conséquent aussi par rapport à son style, il est clair qu'il imitera, en tournant ainsi, le mouvement apparent du Soleil autour de la Terre. Il résulte de là que les rayons des signes de l'analème qui rencontrent le plan du cadran couperont chacun les lignes horaires à des distances égales du point C, et que, par conséquent, l'ombre du point p décrira, sur le plan du cadran solaire, des cercles dont les rayons seront égaux respectivement aux lignes Cv'', Cx'', Cy'', qui mesurent sur la droite BD la distance du point C à l'ombre du point p, lorsque le Soleil se trouve respectivement dans le signe du ♑, ou dans l'un des signes du ♐ ou du ♒, ou dans l'un des signes du ♏ ou des ♓.

Supposons donc que (*fig.* 23), du point C, comme centre, avec les trois différentes longueurs trouvées pour l'ombre de Cp (*fig.* 25), on trace (*fig.* 23) les circonférences ♑♑, ♐♒, et ♏♓, ces trois circonférences seront, pour le cadran,

les lignes zodiacales, c'est-à-dire les lignes que le point p du style PA (*fig.* 25) décrira sur le cadran, lors de la position du Soleil dans les cinq signes méridionaux du Zodiaque.

Le rayon prolongé pz (*fig.* 25) est dirigé parallèlement au plan du cadran solaire: il suit de là qu'il ne le coupe pas; aussi le point p, à l'époque des équinoxes, ne décrit-il pas de ligne du Zodiaque sur le cadran. Cela tient à ce que l'ombre de la moindre partie du style est infiniment longue pour cette direction des rayons dardés du Soleil vers le plan du cadran solaire universel.

Les rayons prolongés pv, px, py des signes septentrionaux de l'analème (*fig.* 25) ne coupent pas non plus le plan BD du cadran solaire. Cela tient à ce que le Soleil n'éclaire que le côté opposé du plan de l'équateur, lorsqu'il se trouve dans l'un des signes du Zodiaque qui appartiennent exclusivement à ce même côté. On voit par là pourquoi il est nécessaire qu'un cadran universel ait toujours deux faces, si l'on veut qu'il marque toujours l'heure partout. Il n'y a que pour les pôles qu'une seule face soit suffisante.

115. Supposons maintenant (*fig.* 25) qu'on ait pris la ligne Cp' égale à Cp, et que l'on ait tracé l'analème de l'autre côté de la droite B D, en opérant de la même manière que quand on partait du point p: il est clair que ce serait alors le rayon $p'v$ du ♋ qui se dirigerait vers la ligne BD, tandis que c'était le rayon pv' du ♑ qui se dirigeait précédemment vers la même droite. Il est clair encore que les trois rayons $p'v$, $p'x$, et $p'y$ des signes septentrionaux de l'analème couperont la ligne BD, précisément aux mêmes points où les coupaient les rayons pv', px', py' des autres signes, lorsque l'analème partait du point p. Cela tient à ce que les points p et p' se trouvent à une distance égale du point C, et à ce que les angles vpz et $v'pz$, qui correspondent aux signes du ♋ et du ♑, sont égaux entre eux, aussi bien que les deux angles xpz et $x'pz$, et que les deux angles ypz et $y'pz$, ce qui fait qu'ils sont également inclinés par rapport à la droite B D.

Il suffira donc, pour achever la figure 22, d'y décrire autour du point C les mêmes circonférences de cercle que l'on a déjà décrites autour du point C de la figure 23. Les arcs ♋ ♋, ♉ ♌, et ♈ ♍ ainsi obtenus, seront les lignes zodiacales de cette seconde face du cadran : il ne restera donc plus qu'à placer sur la figure 22, comme sur la figure 23, aux extrémités de chacun de ces trois arcs, l'indication des signes zodiacaux qui leur correspondent respectivement.

116. La distance à laquelle se trouvent du point C les deux points p et p', qui servent à tracer les lignes du Zodiaque, déterminerait évidemment la grandeur du cadran solaire, si l'on voulait que les lignes zodiacales ♈ ♍ et ♏ ♓, qui sont les plus éloignées des centres C, fussent, aussi bien que les autres, contenues toutes deux dans la périphérie du cadran solaire.

Comme c'est au contraire la grandeur du cadran qui est elle-même fixée d'avance, c'est elle qui doit déterminer, sur la ligne P A, la position des deux points p et p' que nous avions pris arbitrairement.

Pour trouver cette position, faites un angle xoy (*fig.* 26), qui soit égal à l'un ou à l'autre des angles ypz, $y'pz$ de l'analème construit sur la figure 25 ; prenez sur l'un des côtés oy une longueur om, égale au plus grand rayon que l'on puisse donner aux arcs des signes; élevez au point m une perpendiculaire mn : cette perpendiculaire sera la distance qu'il faudra porter, à partir du point C (*fig.* 25), sur les droites C P, C A, pour y déterminer les points p et p'.

En suivant la même marche, on peut aussi fixer la longueur que doit avoir le style P A, relativement aux parties qui doivent indiquer les heures sur la périphérie du cadran solaire. En effet, lorsque (*fig.* 25) par le point g, extrémité de l'ombre portée par le style Cp lorsque le Soleil se trouve dans l'un des signes du Scorpion (♏) ou des Poissons (♓), on mène une droite gA, parallèle à la droite pv', cette droite coupe la ligne A P en un point A, dont la distance au point C fait con-

naître la longueur que doit avoir le style, pour que ces ombres tombent encore entièrement dans la périphérie du cadran solaire, et y marquent, par conséquent, les diverses parties du temps, aux époques où les ombres sont les plus longues.

CHAPITRE III.

DERNIÈRES OPÉRATIONS.

ARTICLE Ier.

CHOIX D'UN EMPLACEMENT ET DÉTERMINATION DE LA MÉRIDIENNE QUI PASSE PAR L'ENDROIT CHOISI.

117. Quand on a fini la table d'un cadran solaire universel, on fait choix d'un lieu tel que le Soleil puisse constamment l'éclairer depuis son lever jusqu'à son coucher. L'emplacement qui remplit le mieux ce double but, est sans contredit l'encoignure d'une maison dont l'angle saillant est tourné vers le Sud. On y fait ériger un poteau ou une plate-forme horizontale, afin d'y attacher plus tard le cadran construit; mais avant de procéder à son posage, il faut s'occuper de la fixation de la méridienne relative à l'emplacement que l'on a choisi.

Pour trouver cette ligne importante, établissez dans le voisinage du lieu un plan bien horizontal (1); faites choix d'un point à peu près central; décrivez autour de ce point, comme centre, une circonférence de cercle; fixez à ce point, dans une position exactement perpendiculaire au plan, une tringle de métal d'environ 20 centimètres (7 pouces 5 lig.) de hauteur; observez, avant midi, l'instant où l'extrémité de l'ombre

(1) On reconnaît qu'un plan est véritablement horizontal, en appliquant sur ce plan, dans deux directions perpendiculaires autant que possible, un niveau à bulle, ou un autre niveau, si l'on ne possède pas de niveau du premier genre.

tombe juste sur la circonférence décrite, et faites une marque sur le point où cette coïncidence aura lieu. Après midi, observez de même l'instant où la même chose arrivera ; faites une seconde marque au point de la circonférence où l'extrémité de l'ombre est tombée de nouveau ; divisez en deux parties égales l'arc compris entre les deux points ainsi déterminés, et, par ce point-milieu, ainsi que par le centre du cercle, tirez une droite indéfinie : ce sera la méridienne.

Comme une seule observation faite avant et après midi peut manquer de précision, il est plus convenable de tracer plusieurs circonférences concentriques, afin de pouvoir déterminer plusieurs couples de points ; car on sera certain de la bonté du résultat qu'on aura obtenu, si tous les points de division des arcs sont bien sur une même ligne droite, passant par le pied du style.

118. Pour nous rendre compte de cette opération, remarquons qu'aux deux instants où l'on a marqué les extrémités d'un des arcs dont nous venons de parler, l'ombre du style était de la même longueur. Il suit de là, que le Soleil était de part et d'autre à la même hauteur sur l'horizon ; les deux plans verticaux qui contenaient les deux lignes d'ombre, et auxquels le Soleil répondait alors, étaient donc à une égale distance du méridien. Par conséquent, en divisant l'arc qu'on a partagé en deux parties égales, le point du milieu a dû être un des points de la méridienne. D'ailleurs, le pied du style en est également un, puisque le style, qui est vertical, passe par le zénith, et que le méridien du lieu passe aussi par le même point : donc la ligne tirée du pied du style au milieu de l'arc observé, est véritablement la méridienne du centre de la circonférence tracée.

119. On ne doit pas craindre l'effet de la réfraction causée par l'atmosphère, parce qu'elle augmente la hauteur apparente du Soleil, et par conséquent fait varier la longueur de l'ombre d'une égale quantité aux deux instants auxquels on

marque les deux points d'ombre. C'est à une autre cause qu'il faut attribuer une petite inexactitude qui peut se rencontrer dans la direction d'une méridienne déterminée par la méthode précédente. Cette méthode, qu'on appelle *méthode des hauteurs correspondantes*, suppose que la déclinaison du Soleil ne change pas, au moins sensiblement, dans l'intervalle qui s'écoule entre les deux instants auxquels on marque les deux points d'ombre déterminatifs. Cette supposition n'est rigoureusement vraie qu'à l'époque des solstices ou aux environs de cette époque (15 ou 20 jours avant ou après). Si donc on opérait à une époque bien différente, par exemple à une époque voisine de celle des équinoxes, il faudrait s'arranger de façon à ne prendre, pour bases de ses opérations, que des points d'ombre déterminés à des instants peu éloignés de midi, afin de pouvoir, sans erreur sensible, ne pas tenir compte du changement arrivé dans la déclinaison du Soleil, entre le moment de la première observation et celui de la seconde. Il est bon, dans ce cas, d'employer un style plus long et des circonférences plus grandes, afin d'éloigner le plus possible les deux points d'ombre dont on veut se servir.

ARTICLE II.

POSAGE DU CADRAN.

120. Nous supposerons maintenant qu'on ait choisi pour méridienne le bord GF (*fig.* 27) de l'angle d'une maison ou d'un poteau verticalement tourné vers le Sud, et que l'on connaisse la latitude géographique du lieu où l'on est : rien n'est plus facile alors que de procéder au posage du cadran solaire. Supposons, en effet, que le cercle APQS (*fig.* 13) représente encore le globe terrestre; PS, son axe; AQ, l'équateur, et Z, le lieu où le cadran solaire doit être établi. Alors, QZ sera la latitude géographique de Z, et par conséquent l'angle

Q C Z sera celui que Z N, verticale du lieu Z, fait avec le plan du cadran solaire; car il faut toujours que ce plan soit parallèle au plan de l'équateur.

Tirez donc (*fig.* 27) une ligne droite G F, et, par le point D pris sur cette droite, menez une autre ligne D B, de façon que l'angle G D B soit égal à la latitude géographique du lieu. Portez ensuite sur la droite D B, à partir du point D, la distance qui existe sur l'une des figures 22 ou 23, entre le centre C et celui des bords de la table du cadran solaire que rencontre la ligne de douze heures. Après cela (*fig.* 27), par le point C fixé de cette manière, tirez jusqu'à la verticale G F une nouvelle ligne C H, qui soit perpendiculaire sur D B : vous obtiendrez de cette manière la distance H D, qui doit exister entre le point H, où le style doit être attaché dans le mur, et le point D, suivant lequel la table du cadran solaire doit le rencontrer. Vous aurez aussi, en même temps, trouvé la longueur C H de la partie du style établie sur la face supérieure du cadran solaire.

Cette ligne C H, en indiquant la distance qui se trouve entre le centre C de la table du cadran et le point H qu'on vient de trouver, fait connaître aussi quelle longueur C O doit avoir la partie de l'axe qui doit se trouver au-dessous du cadran solaire.

Il résulte de cette construction, que si l'on porte la longueur de la ligne C H (*fig.* 27) sur une barre de fer H O ronde ou quarrée, mais bien droite, on aura déterminé complètement les détails du style qui doit traverser, par son centre C (*fig.* 22, 23 et 27), la table du cadran solaire, représentée par le quarré A B D E sur les figures 22 et 23, et par la droite B D sur la figure 27.

121. Le posage de ce style doit avoir lieu de façon que sa direction soit toujours parfaitement d'équerre à la table du cadran solaire ; que celle de ses deux parties qui se trouve au-dessus de la face supérieure du cadran soit précisément égale à

la ligne CH de la figure 27, et que son autre partie, celle qui se trouve au-dessous de la face inférieure, soit précisément égale à la ligne CO de la même figure.

Toutes ces précautions prises, portez, à partir du point C (*fig.* 27), l'une quelconque des distances C*p* ou C*p'* de la figure 25 sur l'axe HO de la figure 27, et vous aurez ainsi les deux points *p* et *p'*, auxquels vous ferez attacher de petits boutons bien visibles : ce seront eux qui décriront les lignes du Zodiaque tracées sur votre cadran.

Cela fait, portez les deux points H et D de la figure 27 en H et D', sur le bord vertical de l'angle GF (*fig.* 28) de la maison ou du poteau, qui se trouve dans le plan vertical de la méridienne; mettez, bien entendu, H au-dessus de D', et, prenant l'extrémité de la partie du style située du côté de la face supérieure du cadran, fixez-la provisoirement, et d'une manière mobile, à l'endroit du point H, en ayant soin de faire cela de façon que le côté DE (*fig.* 28) de la table du cadran solaire touche le bord de l'angle FG précisément en D', et sur le prolongement de la ligne qui fait connaître la douzième heure.

Il résultera de toutes ces opérations préparatoires que la portion CH de la droite HO sera la partie du style qui se trouvera comprise entre le mur et le plan supérieur de la table du cadran; que la douzième ligne d'heures, la ligne de midi, sera exactement tournée vers le mur, et que la table aura conservé la faculté de tourner à droite et à gauche autour de l'extrémité supérieure H de son axe HO.

Laissez donc tomber un fil-à-plomb sur le prolongement de la méridienne déterminée sur la table ou plate-forme horizontale *a b c d* (*fig.* 28); placez-vous derrière ce perpendicule de façon qu'il vous cache entièrement la méridienne horizontale, et faites tourner votre table ABDE jusqu'à ce que son style et sa ligne horaire nº XII soient pareillement cachés par le fil-à-plomb : c'est dans cette position qu'il faudra fixer solidement

votre cadran; parce que son style alors sera parallèle à l'axe de la Terre ; que la table sera par conséquent parallèle au plan de l'équateur, et que sa douzième ligne d'heures sera située dans le plan de la méridienne du lieu. Le cadran solaire ainsi établi devra donc indiquer exactement le temps vrai, ou l'heure qu'il est au Soleil.

122. Si votre cadran solaire devait être établi sur une plate-forme horizontale, vous donneriez à la partie du style relative au plan inférieur la longueur CO de la figure 27; puis, au moyen de la distance CD' (*fig.* 28) qui existe entre le centre C et le bord DE de la table du cadran, vous détermineriez (*fig.* 27) la distance DO qui doit exister entre le bord du cadran et le point où l'axe doit être implanté dans la plate-forme. Pour cela, il vous faudrait agir de la même manière que précédemment, alors qu'au moyen de la même distance CD et de la partie supérieure du style, vous avez fait résulter de la distance DO, la véritable position du point H où le style devait être attaché sur le poteau GF.

Cette distance trouvée, marquez le passage de la méridienne sur la plate-forme; portez-y, à partir du point D, la longueur DO déterminée comme on vient de le dire, et disposez votre cadran solaire de façon que sa table ait le point D' (*fig.* 28) de son bord DE, sur le point D (*fig.* 27), où la méridienne horizontale et la 12ᵉ ligne horaire du cadran doivent se rencontrer. N'oubliez pas que la partie supérieure de votre cadran solaire doit être tournée vers le pôle correspondant à l'hémisphère terrestre où vous êtes placé, et que l'extrémité de la partie du style établie d'équerre sur la face inférieure du cadran doit exactement coïncider avec le point O de la même méridienne horizontale DO (*fig.* 27).

Tout cela bien exécuté, le cadran solaire inférieur se trouvera dans la même position que le cadran solaire supérieur qui devait être attaché au poteau vertical de la figure 27.

En procédant ainsi au posage de votre cadran, veillez bien

à ce que la partie du style qui correspond à la face inférieure du cadran ait au moins la longueur CP (*fig.* 25) trouvée nécessaire pour que le style couvre de son ombre les parties qui indiquent le temps sur la périphérie du cadran solaire : c'est en effet la partie inférieure du style qui fixe sur la plate-forme la position de la table du cadran solaire.

Comme il faut que la table soit horizontale aux pôles, où la latitude géographique égale à 90°, et qu'elle doit être verticale sous l'équateur où la latitude est égale à zéro, ce qu'il y a de mieux à faire, est de la fixer aux plans verticaux dans les lieux qui se trouvent près des pôles; tandis que, pour les lieux qui se trouvent près de l'équateur, c'est au contraire à une plate-forme horizontale qu'il faut la fixer.

CHAPITRE IV.

DESCRIPTION ET USAGE D'UN CADRAN UNIVERSEL PORTATIF.

123. Il existe une espèce de cadran solaire équinoxial dont on fait un fréquent usage à cause de la simplicité de sa forme, et surtout à cause de la facilité qu'on trouve à le bien poser. Ce cadran est à la fois universel et portatif. Voici en quoi il consiste :

Le couvercle rectangulaire ABDE (*fig.* 28 *bis*) d'une petite caisse à boussole est construit de manière à pouvoir tourner autour de la charnière DE, établie elle-même de façon qu'on peut, à volonté, enlever d'abord le couvercle de la petite caisse, et le remettre ensuite en place, sans pour cela déranger la boîte. Par ce moyen, on prend, si on veut, le côté du dedans pour celui du dehors, ce qui est fort avantageux, attendu que les deux faces du couvercle sont nécessaires pour qu'on puisse dessiner sur l'une la figure 22, tandis que la figure 23 doit être dessinée sur l'autre. Il est indispensable que chaque douzième

ligne d'heures soit bien perpendiculaire à la droite ou charnière DE, et que le bord du cadran solaire ne se trouve pas en dedans des lignes zodiacales les plus éloignées du centre C.

Au milieu de chaque face est attaché un écrou très-fin, sur lequel une petite pointe peut être fixée de façon à se trouver parfaitement d'équerre sur le couvercle. Cette petite pointe, qui doit avoir une longueur Cp, qui se détermine comme nous l'avons expliqué à propos de la figure 25, est garnie, à sa base, de quelques pas de vis qui doivent entrer dans l'écrou. A l'un des côtés de la petite caisse on adapte un quart de cercle gradué, dont le centre doit coïncider avec un des points de l'axe de rotation du couvercle, et qui, de plus, doit pouvoir se mouvoir autour de cet axe, et se placer dans une position qui soit exactement perpendiculaire au couvercle.

Quand on ferme la petite caisse, on y renferme le quart de cercle : quand, au contraire, on veut en faire usage, le quart de cercle est retiré de la boîte et relevé d'équerre au moyen d'une vis de pression. Sa circonférence est divisée en 90° et le zéro de sa division se trouve alors précisément là où le couvercle s'appuie sur lui.

Dans la petite caisse même se trouve une boussole dont on doit tourner le point septentrional N vers le rayon qui correspond au midi du cadran, quand on se trouve dans l'hémisphère septentrional. Le même point de nord N devrait être, au contraire, tourné vers la ligne de minuit, si l'on se trouvait dans l'autre hémisphère.

124. Quand on veut faire usage du cadran véritablement universel que nous venons de décrire, on met la face supérieure du cadran solaire par-dessus ; on place horizontalement la petite caisse, on visse la tige en fer sur le couvercle, et on tourne autant de degrés du quart de cercle qu'il en faut représenter pour l'élévation de l'équateur du lieu. Après cela, la petite caisse, sans qu'on change rien à sa position horizontale, doit être tournée de façon que l'aiguille aimantée se trouve précisément au-dessus de la ligne nord-sud.

En agissant ainsi, le cadran exposé au Soleil indiquera le temps vrai. Cela ne se fera cependant que d'une manière approximative, à moins que l'on ne connaisse la déclinaison locale et temporaire de l'aiguille aimentée.

125. On peut découvrir cette déclinaison en posant la boussole sur une méridienne, de façon que sa ligne nord-sud coïncide avec elle. Alors l'angle formé par l'aiguille aimantée avec la méridienne ou, ce qui revient au même, avec la ligne nord-sud de la boussole, est exactement égal à la déclinaison cherchée.

Quand la petite caisse de la boussole est tournée de façon que l'aiguille aimantée se trouve au-dessus de la déclinaison, et que la ligne nord-sud se trouve dans le plan vertical de la douzième ligne d'heures du cadran solaire, celui-ci est précisément orienté comme il faut pour marquer exactement le temps vrai.

126. Dans le cas où l'on ignorerait la latitude géographique du lieu où on veut établir un cadran solaire, on pourra toujours s'aider, pour la trouver, de la disposition même des lignes du Zodiaque sur le cadran universel dont nous venons de parler.

Pour cela, on commencera, comme ci-dessus, par bien régler le cadran solaire relativement à la méridienne et à l'hémisphère terrestre où l'on se trouve. Puis, sachant que le Soleil se trouve le

21 mars dans le Bélier;
20 avril dans le Taureau;
21 mai dans les Gémeaux;
22 juin dans le Cancer;
23 juillet dans le Lion;
23 août dans la Vierge;
23 septembre dans la Balance;
23 octobre dans le Scorpion;
22 novembre dans le Sagittaire;
22 décembre dans le Capricorne;

20 janvier dans le Verseau ;

19 février dans les Poissons ;

on examinera si l'on se trouve à l'un des douze jours relatés ci-dessus, ou bien quels sont ceux desdits jours consécutifs entre lesquels on est.

Supposons d'abord que le jour de l'opération se trouve être un des douze jours ci-dessus : on donnera au couvercle une position telle que l'ombre de la pointe du style décrive exactement celle des lignes du Zodiaque, dans le signe duquel le Soleil se trouve alors. En faisant cela, il faut bien veiller à ce que ce soit le plan septentrional du cadran solaire qui soit éclairé depuis le 21 mars jusqu'au 23 septembre, et à ce que ce soit le plan méridional du cadran solaire qui soit au contraire éclairé depuis le 23 septembre jusqu'au 21 mars.

Ce double but atteint, le cardran solaire se trouve réglé relativement à sa latitude, comme il l'était déjà par rapport à la méridienne et à l'hémisphère correspondant au lieu de l'opération ; il marquera donc le temps vrai, et le limbe du quart de cercle fera connaître en même temps l'élévation de l'équateur, c'est-à-dire le complément de la latitude cherchée.

Si le jour où l'on exécute l'opération précédente ne coïncidait pas avec l'un des jours mentionnés ci-dessus ; s'il se trouvait au contraire compris entre deux de ceux-ci, il faudrait examiner de combien de jours il est éloigné de celui des deux dont il est le plus près. Supposons, par exemple, que le jour en question soit le 30 juillet, c'est-à-dire que l'on soit séparé par 7 jours de l'époque du 22 juin où le Soleil entre dans le signe du Cancer. Dans cette supposition, il faudrait d'abord mesurer la distance ♌ ♍ des deux lignes du Zodiaque ♊ ♌ et ♉ ♍ entre lesquelles l'ombre de la pointe du style doit tomber ce jour-là. On compterait ensuite le nombre (31) des jours qui se trouvent entre les deux époques zodiacales, et, si l'on avait trouvé 6 pour la mesure de la distance ♌ ♍, on établirait la proportion $31 : 6 :: 7 : x$. La distance x, qui est

égale à 42 divisé par 31, donne, dans ce cas, 1 $^{11}/_{31}$ pour la distance qui doit exister entre l'ombre de la pointe du style et la ligne zodiacale ♉ ♌ qui correspond au jour le plus voisin de celui de l'opération. Le cadran solaire étant alors réglé d'après ses lignes du Zodiaque, donnera en même temps l'indication des heures et la latitude du lieu.

127. Le procédé dont nous venons ici de faire mention ne conduit pas à des résultats aussi exacts que ceux qu'on obtient en employant les premiers procédés. Cela tient à ce que les longueurs de l'ombre du style ne diminuent pas tous les jours d'une manière uniforme. Quand on y a recours, on approche néanmoins assez près du degré d'exactitude nécessaire à la plupart des cas.

Le 21 mars et le 23 septembre, époques où les deux faces du cadran solaire ne sont pas éclairées par le Soleil, il faut régler la table du cadran solaire de façon que le style ne projette aucune ombre sur les deux faces. Passé ces deux époques, l'illumination de l'une ou de l'autre fera connaître le temps vrai.

Il n'y a pas possibilité d'exprimer par des chiffres la longueur de l'ombre projetée par le style pour tous les jours compris entre le 19 février et le 21 mars, puis entre le 21 mars et le 20 avril, ainsi qu'entre le 23 août et le 23 septembre, puis entre le 23 septembre et le 23 octobre. Il suit de là que, pour un jour qui tomberait dans l'une de ces différentes époques, la longueur de l'ombre du style ne pourrait être trouvée qu'en comparant la distance des deux lignes du Zodiaque ♈ ♍ et ♉ ♌, ou bien celle des lignes ♏ ♓ et ♐ ♒; ou bien encore en suivant la marche indiquée en parlant de la figure 15; c'est-à-dire en déterminant encore sur l'analème de nouveaux points parmi ceux qui se trouvent entre les signes, et en marquant de nouvelles courbes d'ombre sur le cadran portatif au moyen duquel on veut ou régler les autres, ou trouver la latitude du lieu de l'opération.

CADRANS HORIZONTAUX.

128. Un cadran est horizontal quand il est décrit sur un plan de même dénomination. Les cadrans de cette espèce sont d'un usage plus étendu que les autres, parce que, étant éclairés pendant tout le temps que le Soleil est sur l'horizon d'un lieu, il peuvent y marquer toutes les heures de la journée depuis le commencement de l'année jusqu'à sa fin.

CHAPITRE PREMIER.

DÉTERMINATION GRAPHIQUE DES LIGNES HORAIRES.

ARTICLE I[er].

129. Pour effectuer cette opération, tracez d'abord sur votre plan une droite G E (*fig.* 29), pour représenter la méridienne de votre cadran ; prenez ensuite, sur cette droite, un point quelconque O, et, par ce point O, nommé *centre du cadran*, à droite ou à gauche de la ligne G E, construisez un angle P O E, précisément égal à la hauteur du pôle, c'est-à-dire à la latitude géographique du lieu où vous êtes. Marquez alors sur la ligne O P, qui représente le style rabattu, un point quelconque C, et, par ce point C, nommé *bout du style*, menez à la droite O P une perpendiculaire C D : cette perpendiculaire C D, nommée *rayon de l'équateur*, rencontrera la méridienne G E en un certain point D. Par le point D, sur la même droite G E, menez enfin une perpendiculaire indéfinie : cette importante perpendiculaire H H', au-dessous de laquelle il vous faut rapporter sur la méridienne une longueur D E,

précisément égale à DC, sera ce que l'on appelle l'*équinoxiale du cadran.*

Ayant ainsi trouvé le point E, *centre diviseur de l'équinoxiale*, de ce point comme centre, avec un rayon égal à E D, décrivez le quart de cercle D B ; divisez-en la circonférence en six parties égales, et par les points 1, 2, 3, 4, 5, tirez des lignes E·1, E·2, E·3, E·4, E·5, qui, prolongées jusqu'à l'équinoxiale H H', y détermineront les cinq points *a*, *b*, *c*, *d*, *e*.

Joignez, enfin, le point O avec chacun de ces différents points, et prolongez, s'il est nécessaire, toutes ces lignes O *a*, O *b*, O *c*, O *d*, O *e*, jusqu'à leur rencontre avec le bord du cadran : ces lignes seront les cinq premières lignes d'heures de l'après-midi ; aussi a-t-on placé à leurs extrémités les chiffres romains I, II, III, IV et V (1).

En construisant de l'autre côté de la méridienne cinq lignes nouvelles et semblablement inclinées, ces lignes symétriques O·XI, O·X, O·IX, O·VIII et O·VII, seront les cinq dernières heures de l'avant-midi.

La ligne de six heures du soir devant passer par le point O et par le point de rencontre du sixième rayon E B avec l'équinoxiale H H', doit être parallèle à celle transversale. Il suit de là que, en menant par le point O une perpendiculaire à la méridienne G E, cette perpendiculaire VI·VI sera ce que l'on appelle, par abréviation, *la ligne des deux six heures.*

Les lignes de l'avant-midi, prolongées au-dessus de la ligne VI·VI, seront celles qui correspondent aux heures homologues de l'avant-minuit. Il en sera de même pour les lignes de l'après-midi, dont les prolongements correspondront aux heures homologues de l'après-minuit.

130. *Lignes qui marquent les demies et les quarts.* — Quand on veut marquer les demi-heures d'un cadran solaire, on

(1) Voir, au No 132, de quelle manière on peut distinguer sur un cadran les heures du matin d'avec celles du soir.

divise en deux parties égales les arcs égaux D·1, 1·2, 2·3, etc.; puis, par le centre E et par les différents points de division, on tire des rayons, et on les prolonge jusqu'à l'équinoxiale H H'. Les points de rencontre *f*, *h*, *i*, *k*, désignent alors sur cette ligne les points des demi-heures, de même que *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, y désignaient les heures. Tirez donc par le point O et par tous ces points *f*, *h*, *i*, *k*, de nouvelles lignes horaires : ce seront celles qui doivent marquer les demies pour midi et pour chacune des cinq premières heures qui viennent après. Leurs symétriques de l'autre côté de la méridienne marqueront les demies pour les six dernières heures de la matinée. Quant aux demi-heures du reste du jour, rien n'est plus facile maintenant que de les obtenir : il suffit, pour cela, de prolonger au-delà du point O les douze nouvelles lignes que l'on vient de tracer. Si, avec les demies, on voulait aussi marquer les quarts, au lieu de diviser en deux les arcs D·1, 1·2, 2·3, etc., on les diviserait en quatre.

Pour ne pas surcharger de lignes la surface d'un cadran solaire, on ne marque ordinairement les demies et les quarts que sur le bord du cadran, ainsi que nous l'avons fait sur la figure 29.

131. *Observation relative au tracé des lignes horaires éloignées de la méridienne* — Quand l'équinoxiale H H' (*fig.* 32) n'est pas àssez longue pour qu'on y puisse marquer les points de la septième heure du matin, et de la cinquième du soir, ou même de la huitième du matin et de la quatrième du soir, on remédie à cet inconvénient en recourant à une méthode que nous allons indiquer immédiatement (1).

Après avoir coupé la ligne de trois heures O·III (*fig.*31 ou 32) par une ligne X R, parallèle à la droite O·IX, et qui rencontre les droites O·I et O·II, on prend avec le compas la distance du

(1) Cette méthode suppose qu'il y a déjà sept heures consécutives de tracées, savoir celles de 9, de 10, de 11, de 12, de 1, de 2 et de 3 heures.

point d'intersection L au point T, qui est le point de rencontre de la ligne X R avec la droite O·II, et l'on marque, sur XR, une distance LQ égale à LT, de l'autre côté du point L. On prend, de même, une longueur LX égale à la distance du point L au point R, qui est l'intersection de la ligne X R avec la droite O·I. Alors, si du point O, centre du cadran, on tire deux lignes qui passent par les deux points Q et X, ce seront les lignes de 4 et de 5 heures. Transportées symétriquement du côté opposé de la méridienne, elles y représenteront les lignes de 8 et de 7 heures du matin.

132. *Précautions à prendre pour ne pas confondre les lignes horaires du matin avec celles de l'après-midi.* — Pour ne pas se tromper en plaçant aux extrémités des lignes horaires les chiffres romains destinés à indiquer l'heure du jour représentée par chacune d'entre elles, il faut se bien rappeler que la portion de la méridienne, vers laquelle penche le rabattement du style, se dirige toujours du côté du pôle supérieur. On comprend alors que, pour tous les points de l'hémisphère septentrional, l'ouverture de l'angle POE (*fig.* 29) est censée regarder le nord, et l'on en conclut aisément que la partie droite de la figure est à l'occident de la méridienne, tandis que la partie gauche est à l'orient de la même droite. Le contraire a également lieu pour tous les points de l'autre hémisphère.

Comme toujours, lorsqu'un corps est éclairé par le Soleil, il projette son ombre à l'opposite de cet astre : il est clair que, le matin, le Soleil étant à gauche de la méridienne, c'est du côté opposé, c'est-à-dire à droite, que l'ombre du style doit tomber. Voilà comment nous avons reconnu qu'il fallait écrire les chiffres horaires tels qu'ils le sont sur la figure.

Le nombre des lignes horaires effectivement utiles dépend de la durée du jour le plus long de l'année, pour le lieu du cadran. Nous verrons plus tard que cette durée peut se déterminer au moyen de l'analème.

133. Pour terminer ce premier article, nous ferons remarquer au lecteur qu'il est utile, dans la pratique des cadrans horizontaux, de tirer deux lignes méridiennes parallèles entre elles, et dont la distance soit égale à l'épaisseur de la verge ou lame métallique dont on veut se servir pour marquer les heures. Dans ce cas, un des côtés du style montre les heures du matin et l'autre marque celles du soir. Le cadran solaire possède alors deux centres, et ses lignes horaires du matin doivent se tracer par rapport à la plus occidentale de ses deux méridiennes; c'est par rapport à l'autre que se déterminent celles de l'après-midi. Il faut néanmoins excepter de cette règle les lignes horaires qui précèdent la sixième du matin, car elles passent exactement par le même centre que leurs homologues de l'après-midi. Il en est de même de toutes les lignes horaires qui désignent les heures après la sixième du soir : ces lignes passent par le même centre que leurs homologues de l'avant-midi. Le tracé des deux méridiennes est d'autant plus nécessaire, que le style qu'on veut employer doit avoir plus d'épaisseur. On peut voir la représentation de cadrans tracés de cette manière sur les figures 31, 32 et 33, dans lesquelles les lignes horaires du matin et leurs homologues d'après six heures du soir passent par l'un des deux centres, tandis que les autres heures du jour et de la nuit passent par le second centre.

ARTICLE II.

POSSIBILITÉ D'ARRIVER PAR LE CALCUL A LA DÉTERMINATION DES DIFFÉRENTES LIGNES D'HEURES.

134. Que l'on regarde le rayon ED (*fig.* 29) comme sinus total, ou rayon des Tables, aussitôt les lignes D*a*, D*b*, D*c*, etc., seront censées les tangentes des angles DE*a*, DE*b*, DE*c*, etc. Or, ces angles sont connus; car l'angle DE*a* est de 15°,

l'angle DEb de 30, l'angle DEc de 45, etc.; on trouvera donc aisément la longueur des lignes Da, Db, Dc, etc.

Supposons, par exemple, que le rayon ED contienne 2000 unités, on aura, d'après le premier principe :

$$Da = \frac{2000 \times \text{tang. DE}a}{R}$$

égalité dans laquelle R représente le rayon des Tables.

Or, le logarithme de tangente DEa, ou de tangente 15°, est égal à. 9.42805

Le logarithme 2000 est. 3.30103

leur somme est donc. . . . 12.72908

Le logarithme R est. 10.00000

donc le reste est. . . . 2.72908

Ce logarithme est, à peu de chose près, celui de 536 : donc la distance Da est égale à 536.

On trouverait de même que Db = 1154; que Dc = 2000; que Dd = 3464, et que De = 7464.

On peut donc, au moyen des Tables de logarithmes, construire les cadrans horizontaux avec une extrême facilité, surtout quand on a contracté l'habitude des échelles divisées en parties égales.

135. Si le cadran n'avait pas assez d'étendue, et que l'équinoxiale HH' ne fût pas assez longue pour qu'on pût y prendre toutes les longueurs Da, Db, Dc, etc., on pourrait suppléer à cet inconvénient en tirant, à HH', une parallèle qui coupât la ligne OD en deux parties égales, en un certain point que nous appellerons D'. Il suffirait alors de porter sur cette parallèle, et à partir du point D', des distances égales aux moitiés des longueurs trouvées pour Da, Db, Dc, etc. Si le point D' était encore trop loin du point O, on lui en substituerait un

autre D'' en menant une nouvelle parallèle qui coupât O D' en deux parties égales, et en portant sur cette droite, à partir du point D'', des distances égales aux quarts des longueurs trouvées pour les tangentes D*a*, D*b*, D*c*, etc.

On peut, au reste, éviter tout cet embarras en traçant les lignes de 1, de 2 et de 3 heures au moyen des longueurs D*a*, D*b*, D*c*, qui ne sont jamais assez grandes pour sortir du cadran, et tracer ensuite les autres lignes d'heures par le procédé que nous avons indiqué ci-dessus, N° 131.

136. Le rayon E D qui nous a servi à diviser l'équinoxiale H H', est égal à la ligne C D du triangle O C D, dans lequel l'angle C O D est égal à la latitude du lieu. Il suit de là que l'on peut aisément trouver à quelle distance O D du centre O doit être tracée l'équinoxiale, pour que le rayon E D du cercle diviseur ait précisément une longueur voulue.

Supposons, par exemple, que l'on veuille un rayon E D qui soit égal à 2000 pour une latitude de 51°.

Le triangle C O D donnera, d'après le deuxième principe du deuxième cas relatif à la résolution des triangles rectangles :

$$OD = \frac{2000 \times R}{\text{sin. } COD} = \frac{2000 \times R}{\text{sin. } 51^o}$$

égalité dans laquelle R représente le rayon des Tables.

Calcul.

Log. 2000	. . . . . .	= 3.30103
Log. R	. . . .	= 10.00000
Somme	. . .	= 13.30103
Log. sin. 51°.	. . . . .	= 9.89502
Reste.	. . .	= 3.40601

Ce logarithme correspond au nombre 2547 : donc, pour avoir, à cette latitude, un rayon E D égal à 2000, il faut que

l'équinoxiale H H' soit tracée à une distance de 2547 unités du centre O du cadran solaire.

Ce que nous venons de dire relativement au parti que l'on peut tirer du calcul pour arriver à la détermination des lignes horaires, est plus que suffisant pour les personnes familiarisées avec l'usage des Tables de sinus, et qui connaissent à la fois les principes de la trigonométrie et ceux du calcul logarithmique. Mais pour les personnes moins avancées dans l'étude des sciences, il faut procéder beaucoup plus lentement si l'on veut en être compris. Nous allons donc, dans un chapitre spécial, exposer, avec tous ses détails, la méthode dont ce dernier article ne doit être considéré que comme un premier aperçu.

CHAPITRE II.

DÉTERMINATION DES LIGNES HORAIRES AU MOYEN DU CALCUL.

137. Le Soleil paraît faire sa révolution entière autour de la Terre dans l'espace de vingt-quatre heures. Le cercle qu'il semble parcourir est, comme tous les autres cercles, de 360°. Il parcourt donc 15° dans une heure, puisque 15 multiplié par 24 fait 360. Quinze degrés, telle est donc la vingt-quatrième partie de 360°. Si, dans une heure, le Soleil paraît parcourir 15°, il s'ensuit qu'il en parcourt 30, dans deux heures. Il parcourt 45°, en trois heures; 60°, en quatre heures; 75°, en cinq heures, et 90°, en six heures. Il s'ensuit encore que le Soleil parcourt 7° 30', en une demi-heure; 3° 45', en un quart-d'heure; 1° 15', dans cinq minutes, et enfin 15', géométriques dans une minute de temps.

138. Tous les degrés que le Soleil semble parcourir dans sa révolution journalière de vingt-quatre heures, commencent à se compter depuis le méridien du lieu où l'on est, que la ligne

de midi représente sur le cadran. Ce que l'on appelle *la distance du Soleil au méridien* (termes dont nous nous servirons souvent dans la suite), n'est pas autre chose que le nombre des degrés et des minutes que l'on compte depuis le méridien céleste jusqu'à l'endroit où le Soleil se trouve à cette heure.

Nous venons de dire plus haut que le Soleil parcourt 15° en une heure. S'il s'agit donc d'une heure du soir, ou de onze heures du matin, qui sont deux époques horaires également éloignées de celle de midi, on peut dire que le Soleil est alors à 15° de distance du méridien. Pour midi et demi, ainsi que pour onze heures et demie, la distance du Soleil au méridien est de 7° 30'. Pour midi un quart, ainsi que pour onze heures trois quarts, la distance du Soleil au méridien est de 3° 45'. Pour midi cinq minutes, ainsi que pour onze heures cinquante-cinq minutes, la distance du Soleil au méridien est de 1° 15'. Pour une heure et un quart, ainsi que pour dix heures trois quarts, qui sont des époques horaires également distantes de midi, la distance du Soleil au méridien est de 18° 45', parce qu'il faut ajouter à 15°, pour une heure, 3° 45' pour le quart, ce qui fait en tout 18° 45'. Pour deux heures et demie, ainsi que pour neuf heures et demie, la distance du Soleil au méridien est de 37° 30', parce qu'il faut ajouter à 30° pour deux heures, 7° 30' pour la demi-heure. Il en est de même de toutes les autres heures, de leurs quarts et de leurs minutes.

139. On appelle *angles horaires* sur un cadran, ceux que font au centre de ce cadran les différentes lignes d'heures avec la ligne de midi. Dans les cadrans horizontaux, les angles horaires situés d'un côté de la méridienne sont égaux à ceux qui se trouvent du côté opposé, et c'est par leurs tangentes trigonométriques qu'on les détermine d'après la relation que voici : dans le cadran horizontal *la tangente d'un angle horaire est égale à celle de la tangente de la distance du Soleil au méri-*

dien pour l'heure proposée multipliée par *le sinus de la latitude du lieu*, et divisée par *le rayon des Tables*.

140. Supposons que la latitude d'un lieu étant de 44° 50', on veuille trouver l'angle horaire pour la ligne de midi cinq minutes, on aura, puisque le Soleil est alors 1° 15' du méridien.

Log. tang. 1° 15'.	=	8.33886
Log. sin. 44° 50'.	=	9.84822
Somme . . .		18.18708
dont il faut ôter le log. du rayon. . .		10,00000
Il reste . . .		8.18708

Tel est le logarithme de la tangente de l'angle horaire requis. En cherchant dans les Tables, aux colonnes des logarithmes des tangentes, on trouvera que ce reste répond approximativement à 0° 53'.

Pour midi dix minutes, époque où la distance du Soleil au méridien est égale à 2° 30', on fera le calcul suivant:

Log. tang. 2° 30'.	=	8.64009
Log. sin. 44° 50'.	=	9.84822
Somme . . .	=	18.48831
Log. R	=	10.00000
Reste. . . .	=	8.48831

qui est le log. de la tangente de 1° 46'.

Pour midi et un quart, on aura :

Log. tang. 3° 45'.	=	8.81653
Log. sin. 44° 50'.	=	9.84822
Somme, moins log. R . . .	=	8.66475

c'est le log. de la tangente de 2° 39′, angle horaire cherché.

Pour midi et demi :

Log. tang. 7° 30′.	=	9.11943
Log. sin. 44° 50′.	=	9.84822
Résultat final. . . .	=	8.96765

c'est le log. de la tang. de 15° 18′, angle horaire de midi et demi.

Pour une heure après-midi :

Log. tang. 15°	=	9.42805
Log. sin. 44° 50′.	=	9.84822
Résultat final. . . .	=	9.27627

ce qui donne 10° 42′ pour la valeur de l'angle horaire.

Pour trois heures :

Log. tang. 45°	=	10.00000
Log. sin. 44° 50′.	=	9 84822
Résultat final. . . .	=	9.84822

Ce qui donne 37° 11′ pour l'angle horaire de trois heures.

Pour 4 heures après midi on trouverait de même 50° 41′.

Pour 5 heures, l'angle horaire est de 69° 11′.

Pour 5 heures 55′, le même angle égale 88° 14′.

Pour 6 heures, la distance du Soleil au méridien est de 90°. La ligne de 6 heures est donc perpendiculaire sur celle de midi ; par conséquent il n'y a point de calcul à faire.

141. Il résulte de tout ceci qu'il n'est rien de plus simple et de plus facile que de dresser, pour un cadran horizontal, une table détaillée de tous les angles horaires qu'on peut avoir besoin de connaître. Sitôt qu'on en aura calculé quelques-uns, on n'éprouvera aucune difficulté pour calculer les autres.

Nous invitons toutefois les commençants qui **voudraient** procéder avec ordre et éviter ainsi toute espèce de confusion, à consigner tous leurs résultats dans une table pareille à la table suivante, que nous avons dressée nous-même **pour un** cadran horizontal destiné à une latitude de 44° 50'.

TABLE

POUR UN CADRAN HORIZONTAL A LA HAUTEUR DU POLE 44° 50'.

HEURES et minutes du cadran horizontal.	DISTANCE du Soleil au Méridien.	ANGLES horaires.	Différence.	CORDES des angles horaires.	Différence.
Midi et 5 min.	1° 15′	0° 53′		15	
Midi 10 min.	2° 30′	1° 46′	53	30	15
Midi 15 min.	3° 45′	2° 39′	53	45	15
Midi 20 min.	5° 0′	3° 32′	53	61	16
Midi 25 min.	6° 15′	4° 25′	53	76	15
Midi 30 min.	7° 30′	5° 18′	53	92	16
Midi 35 min.	8° 45′	6° 11′	53	107	15
Midi 40 min.	10° 0′	7° 5′	54	123	16
Midi 45 min.	11° 15′	7° 59′	54	138	15
Midi 50 min.	12° 30′	8° 53′	54	154	16
Midi 55 min.	13° 45′	9° 47′	54	170	16
1 heure.	15° 0′	10° 42′	55	186	16
1 heure 5′	16° 15′	11° 37′	55	202	16
1 10′	17° 30′	12° 32′	55	218	16
1 15′	18° 45′	13° 28′	56	234	16
1 20′	20° 0′	14° 24′	56	250	16
1 25′	21° 15′	15° 20′	56	266	16
1 30′	22° 30′	16° 17′	57	282	16
1 35′	23° 45′	17° 14′	57	299	17
1 40′	25° 0′	18° 12′	58	316	17
1 45′	26° 15′	19° 10′	58	332	16

HEURES et minutes du cadran horizontal.	DISTANCE du Soleil au Méridien.	ANGLES horaires.	Différence.	CORDES des angles horaires.	Différence.
1 heure 50′	27° 30′	20° 9′	59	349	17
1 55′	28° 45′	21° 9′	60	366	17
2 heures	30° 0′	22° 9′	60	383	17
2 5′	31° 15′	23° 9′	60	401	18
2 10′	32° 30′	24° 11′	62	418	18
2 15′	33° 45′	25° 14′	63	436	18
2 20′	35° 0′	26° 17′	63	454	18
2 25′	36° 15′	27° 20′	64	472	18
2 30′	37° 30′	28° 25′	65	490	19
2 35′	38° 45′	29° 30′	65	509	18
2 40′	40° 0′	30° 37′	67	527	19
2 45′	41° 15′	31° 44′	67	546	19
2 05′	42° 30′	32° 52′	68	565	19
2 55′	43° 45′	34° 1′	69	584	20
3 heures	45° 0′	35° 11′	70	604	20
3 5′	46° 15′	36° 21′	70	624	20
3 10′	47° 30′	37° 34′	73	644	20
3 15′	48° 45′	38° 48′	74	664	20
3 20′	50° 0′	40° 2′	74	684	21
3 25′	51° 15′	41° 18′	76	705	21
3 30′	52° 30′	42° 35′	77	726	21
3 35′	53° 45′	43° 53′	78	747	21
3 40′	55° 0′	45° 12′	79	768	22
3 45′	56° 15′	46° 32′	80	790	21
3 50′	57° 30′	47° 54′	82	811	22
3 55′	58° 45′	49° 17′	83	833	22
4 heures	60° 0′	50° 41′	84	855	23
4 5′	61° 15′	52° 7′	86	878	23
4 10′	62° 30′	53° 34′	87	901	22
4 15′	63° 45′	55° 2′	88	923	23
4 20′	65° 0′	56° 31′	89	946	24
4 25′	66° 15′	58° 2′	91	970	23
4 30′	67° 36′	59° 34′	92	993	

HEURES et minutes du cadran horizontal.	DISTANCE du Soleil au Méridien.	ANGLES horaires.	Différence.	CORDES des angles horaires.	Différence.
4 heures 35′	68° 45′	61° 7′	95	1016	23
4 40′	70° 0′	62° 42′	95	1040	24
4 45′	71° 15′	64° 18′	96	1064	24
4 50′	72° 30′	65° 54′	96	1087	23
4 55′	73° 45′	67° 32′	98	1111	24
5 heures	75° 0′	69° 12′	100	1135	24
5 5′	76° 15′	70° 52′	100	1159	24
5 10′	77° 30′	72° 33′	101	1183	24
5 15′	78° 45′	74° 15′	102	1206	24
5 20′	80° 0′	75° 57′	102	1230	24
5 25′	81° 15′	77° 41′	104	1254	24
5 30′	82° 30′	79° 25′	104	1277	23
5 35′	83° 45′	81° 10′	105	1301	24
5 40′	85° 0′	82° 56′	106	1324	23
5 45′	86° 15′	84° 41′	105	1346	22
5 50′	87° 30′	86° 27′	106	1369	23
5 55′	88° 45′	88° 14′	107	1392	23
6 heures	90° 0′	90° 0′	106	1414	22

142. La table précédente contient six colonnes de haut en bas : dans la première s'écrivent les heures, les demies, les quarts et les minutes que l'on veut avoir au cadran. Dans la seconde se met la distance du Soleil au méridien, qui se rapproche à chaque heure, demi-heure, quart et minute de la première colonne. Dans la troisième on écrit l'angle horaire que l'on aura trouvé par le calcul. Dans la quatrième se doivent mettre les différences entre les valeurs des angles horaires de la colonne précédente. Dans la cinquième, on écrit les cordes de chacun des angles horaires consignés dans la troisième colonne. Dans la sixième colonne on écrit les différences

qui existent entre les valeurs des cordes indiquées dans la colonne précédente. Les personnes ayant des échelles de cordes pourront se passer de ces deux dernières colonnes.

Cette table remplie, pour s'assurer de la justesse de tous les résultats qu'on y a consignés, on doit examiner d'abord les différences écrites dans la quatrième colonne. Si ces différences se suivent assez bien, le calcul est bon et on peut s'y fier. Si ces différences ne se suivent pas régulièrement en quelques endroits, il y aura quelque erreur dans le calcul, qu'il faudra recommencer à l'endroit où on l'aura trouvé défectueux. Or, le défaut peut venir, ou de ce que l'on aura mal lu quelque nombre dans les Tables, ou de ce que l'on aura pris un logarithme de sinus pour un logarithme de tangente, ou inversement. Il faut donc apporter la plus grande attention à tous les calculs que l'on fait.

Pour trouver aisément les différences consignées dans la quatrième colonne, il faut commencer le calcul par la fin de la table, en rétrogradant. On réduira en minutes les degrés de chaque angle, en y ajoutant celles qui sont de surplus, s'il y en a, et l'on soustraira le plus petit nombre du plus grand. Par exemple, on commencera par le dernier angle horaire qui est de 90°; on le réduira en minutes en multipliant 90 par 60, ce qui donnera 5400'. On multipliera le nombre 88 des degrés qui suivent immédiatement, de bas en haut, toujours par 60, ce qui fera 5280', à quoi on ajoutera les 14' de surplus. On aura en tout 5294' que l'on soustraira de 5400'; il restera 106' que l'on écrira dans la quatrième colonne de la table : ce sera la différence qui existe entre les deux derniers angles horaires de la troisième colonne. On continuera en multipliant 86 par 60, ce qui donnera 5160', auxquelles on ajoutera les 27' de surplus. Cela fera 5187' que l'on soustraira des 5294' précédentes, restera 107. Ce nombre est la différence entre le pénultième angle horaire et l'antépénultième. En continuant ainsi, la quatrième colonne se formera de bas en haut, et par

les différences qu'on y inscrira, on découvrira aisément les erreurs, s'il y en a eu de commises.

Reste à remplir les deux dernières colonnes de la table : la cinquième, qui doit contenir les cordes des angles horaires, pour ceux qui n'auront pas une échelle de cordes ; et la sixième, destinée à contenir les différences entre les cordes consécutives de la colonne précédente. Nous avons dit assez au long dans un article que l'on peut relire, comment on trouve, au moyen des sinus, les cordes qui correspondent à tous les angles, quels qu'ils soient. C'est par les règles que nous y avons données que l'on remplira la cinquième colonne, avec laquelle on calculera aisément la sixième en allant encore en rétrogradant. Si les différences trouvées ne se suivaient pas régulièrement, il y aurait erreur dans le calcul des cordes, et il faudrait le refaire à l'endroit défectueux.

143. La table étant achevée, occupons-nous de tracer le cadran, et pour cela, supposons que la table qu'on lui destine soit un quarré comme celui MNPQ (*fig.* 33) dans lequel on a dessiné un cadran octogonal. Pour arriver au même résultat, tirez la ligne AB du milieu au plan, et de manière à le partager en deux parties égales. Divisez à peu près en trois parties égales la longueur de la ligne AB ; puis, après avoir donné les deux tiers de cette ligne à la partie CB qui doit représenter la méridienne, déterminez vos deux centres C et I selon l'épaisseur qu'on aura donnée à l'axe qui doit avoir été fait auparavant. Tirez ensuite la perpendiculaire DE qui passe par les centres C et I du cadran : cette ligne DE sera la ligne des deux six heures.

Alors, du point C, comme centre, et de l'intervalle égal au rayon de l'échelle dont on doit se servir, on décrira le quart de cercle EF, et on en fera autant de l'autre côté du plan : il n'y aura plus qu'à marquer les points horaires sur ces deux quarts de cercle, ce qui se fera de la manière suivante :

Si l'on a une échelle des cordes, on se servira de celle dont

on a pris le rayon pour tracer les quarts de cercle. On y prendra sur le compas à verge la distance de 53' qui est, selon la table que l'on a faite, l'angle horaire de midi 5 minutes, et l'on portera cette distance du point F, où le quart de cercle EF coupe la méridienne CF, sur ce même quart de cercle, en tirant vers E. On portera la même distance de L vers D. On marquera aussi ces deux points horaires par une petite intersection, ou par un point bien visible sur les quarts de cercle.

Pour midi 10 minutes, on trouve dans la table que son angle horaire est 1° 46' : on prendra cette distance sur l'échelle des cordes et on la portera de F vers E, et de L vers D.

Pour 1 heure, l'angle horaire est 10° 42' : on prendra cette distance sur l'échelle des cordes et on la portera de F vers E, et de L vers D. L'on continuera ainsi à marquer tous les points horaires sur les quarts de cercle. Ensuite on tirera, du centre C, des lignes qui passent sur les points horaires marqués sur le quart de cercle FE : ce seront les lignes horaires du matin. On tirera également, du centre I, d'autres lignes qui passent par les points marqués sur le quart de cercle LD; ce seront les lignes horaires du soir.

144. *Remarque.* Si l'on avait un grand demi-cercle de 25 à 30 centimètres, ou de 9 à 11 pouces de rayon, ayant ses minutes bien sensibles, bien divisées, et possédant une alidade, on pourrait s'en servir pour tracer directement les angles horaires. Il est néanmoins de beaucoup préférable d'avoir recours aux échelles des cordes, ou, à leur défaut, à celle des parties égales.

CHAPITRE III.

DÉTERMINATION DES LIGNES DU ZODIAQUE ET DE LA DURÉE DE L'ILLUMINATION D'UN CADRAN.

ARTICLE Ier.

145. Pour tracer les lignes du Zodiaque, engendrées sur votre cadran solaire par un point quelconque de son style, tirez une droite indéfinie OP (*fig.* 9·*a*); prenez une distance OC égale à la longueur du style OP (*fig.* 29), et marquez, à volonté, entre le point O et le point C, un point quelconque *p*, que vous considérerez comme le point générateur des lignes du Zodiaque.

Après cela, de chacun des points O, P, C, menez sur OP les perpendiculaires O·6, *pz*, et CD; à partir du point P, de part et d'autre de la ligne *pz*, décrivez une moitié d'analème, et placez-y les signes convenus, en ayant soin que *px*, prolongement du rayon septentrional *p* ♋ se trouve au-dessus du prolongement *pz* du rayon moyen *p* ♈ ou *p* ♎, si toutefois votre cadran est construit pour un point quelconque de l'hémisphère boréal; car, dans le cas contraire, ce serait le rayon méridional *p* ♑ qui devrait avoir son prolongement *px'* au-dessus de la médiane *pz*, c'est-à-dire du côté de cette médiane où se trouve déjà le point O, centre supposé du cadran.

Prenez ensuite, sur la figure 29, les longueurs ED, E*a*, E*b*, E*c*, etc.; puis, en partant du point C (*fig.* 29·*a*), portez-les toutes successivement sur la droite CD : vous obtiendrez ainsi sur cette ligne les points D, *a*, *b*, *c*, etc.

Par le point O (*fig.* 9·*a*) ainsi que par ces différents points D, *a*, *b*, *c*..........., tirez alors les droites O·12, O·1, O·2, O·3....., et faites, au-dessus de O 6, des angles 6·O·7, 6·O·8, 6·O·9, respectivement égaux aux angles 6·O·5, 6O·4, 6·O·3...:

les droites O·7, O·8, etc., aussi bien que les droites O·12, O·1, O·2, O·3, etc... seront ce que nous appellerons les lignes d'heures de la figure 23·*a*.

Les rayons de l'analème, en rencontrant ces différentes lignes d'heures, déterminent, sur chacune d'elles, sept points d'intersection, qui sont : *a'*, *b'*, *c'*, *d'*, *e'*, *f'*, *g'*, sur la droite O·1; *a''*, *b''*, *c''*, etc., sur la droite O·2 ; *a'''*, *b'''*, *c'''*, etc., sur la droite O·3, etc.

Ces points étant ainsi obtenus, prenez successivement, avec un compas, les distances O*a'*, O*b'*, O*c'*, etc., mesurées sur la figure 29·*a*, et reportez-les exactement sur chacune des lignes O·I et O·XI de la figure 29. Prenez aussi, sur la figure 29·*a*, chacune des distances O*a''*, O*b''*, O*c''*, et rapportez-les sur les lignes O·II et O·X de la figure 29. Prenez encore, toujours sur la figure 29·*a*, chacune des distances O*a'''*, O*b'''*, O*c'''*, etc., et rapportez-les sur les lignes O·III et O·IX de la figure 29, etc.

De cette manière vous aurez, sur les lignes horaires de votre cadran, un certain nombre de points affectés de la lettre *a*; d'autres affectés de la lettre *b*; d'autres de la lettre *c*, et ainsi de suite jusqu'à la lettre *g*. Il ne vous restera plus alors, pour avoir construit vos sept lignes zodiacales, qu'à faire passer des courbes continues par tous les points affectés de la même lettre.

La courbe qui passe par les points affectés de la lettre *a* sera la ligne zodiacale qui correspond à l'époque du solstice d'été où le Soleil pénètre dans le signe du Cancer (♋) : aussi voit-on l'indication caractéristique de ce signe aux deux extrémités de la première ligne zodiacale supérieure.

Celle qui passe par tous les points *b* correspond en même temps à chacune des époques où le Soleil pénètre soit dans le signe des Gémeaux (♊), soit dans le signe du Lion (♌) : aussi voit-on l'indication de ces deux signes, l'un à l'extrémité orientale de la courbe, l'autre à l'extrémité opposée.

Continuez ainsi à mettre vos indications zodiacales aux

extrémités des courbes suivantes, vous arriverez bientôt à la dernière, à celle qui passe par tous les points g : cette ligne correspondra au solstice d'hiver, époque où le Soleil pénètre dans le signe du Capricorne (♑). Aussi voit-on l'indication de ce signe aux deux extrémités de la dernière de vos courbes zodiacales.

C'est en exécutant successivement toutes les prescriptions précédentes que les lignes du Zodiaque ont été tracées sur la figure 29.

146. Un fait digne de remarque, c'est que, pour les latitudes septentrionales, la ligne zodiacale du Cancer est de toutes les lignes du Zodiaque celle qui se trouve la plus rapprochée du point O. Pour les latitudes méridionales, c'est au contraire la ligne zodiacale du Capricorne qui, de toutes les lignes du Zodiaque, se rapproche le plus du même point. Cela dénote que, pour les premières latitudes, le Soleil projette les ombres les plus courtes à l'époque du solstice d'été; tandis que, pour les dernières latitudes, c'est au contraire à l'époque du solstice d'hiver que le Soleil donne aux corps les ombres les plus courtes qu'ils puissent avoir.

147. Si les points que vous avez marqués sur les lignes horaires, afin d'indiquer, sur le cadran, la courbure des lignes du Zodiaque, vous paraissaient trop éloignés les uns des autres, pour vous la bien indiquer, vous pourriez toujours trouver aisément autant d'autres points que vous le jugeriez nécessaire, en déterminant, sur le cadran, des points nouveaux, au moyen des lignes qui font voir les demies, les quarts et même les divisions encore plus rapprochées du temps.

On parvient à cette détermination, en faisant, pour ces lignes secondaires, les mêmes opérations qui viennent d'être faites pour fixer la position des points a, des points b, des points c, etc., sur les lignes principales, c'est-à-dire sur les lignes horaires proprement dites.

Avez-vous besoin, par exemple, de fixer des points supplé-

mentaires sur les lignes de 2 heures 1/2 et de 10 heures 1/2, ainsi que sur les lignes de 3 heures 1/2 et de 9 heures 1/2, afin de pouvoir tracer convenablement la cinquième ligne zodiacale, celle du Scorpion (♏) et des Poissons (♓), que ne détermineraient pas suffisamment, à votre idée, les différents points *e* situés sur les lignes horaires proprement dites? Transportez les lignes E*k*, E*i* de la figure 29 sur la droite CD de la figure 29·*a* : vous aurez ainsi sur cette droite le point *k*, ainsi que le point *i*. Par le point O (*fig.* 29·*a*), ainsi que par les deux points que vous venez de trouver, tirez alors les droites O·2 1/2, O·3 1/2. Ces deux nouvelles lignes horaires vous détermineront deux nouveaux points *k*', *i*', au moyen de leurs intersections avec le rayon *py*' de l'analème, qui est celui qui correspond à la cinquième ligne du Zodiaque dont vous vous occupez. Transportez donc les distances O*k*', O*i*' de la figure 29·*a*, la première O*k*' sur les lignes de 2 heures 1/2 et de 10 heures 1/2 de la figure 29, et la seconde O*i*' sur les lignes de 3 heures 1/2 et 9 heures 1/2 de la même figure : vous aurez, de cette manière, deux points *k* et deux points *i* qui pourront vous aider à finir votre cinquième ligne du Zodiaque.

En employant toujours le même procédé, vous aurez évidemment la faculté de construire, soit sur les lignes des demies, soit sur celles des quarts etc., autant de points que vous croirez nécessaire d'en déterminer, pour bien fixer la courbure de vos sept lignes zodiacales.

ARTICLE II.

ILLUMINATION DU CADRAN SOLAIRE.

148. Outre les lignes du Zodiaque, on peut encore, au moyen de l'analème, fixer sur un cadran le commencement, la fin et la durée de son illumination par le Soleil. Le commencement de cette illumination coïncidant avec le lever du Soleil, sa fin coïncidant avec le coucher du même astre, et sa

durée étant précisément égale à la durée des jours zodiacaux relativement à la latitude du lieu pour lequel le cadran horizontal est construit, on doit concevoir que la disposition des rayons de l'analème doit fournir le moyen de déduire les variations que subit l'illumination journalière d'un lieu, des variations que subit elle-même l'illumination journalière d'un cadran solaire horizontal exactement construit pour la latitude de ce lieu.

Afin d'atteindre le but que nous venons de faire entrevoir, par le point O (*fig.* 29·*a*), menez d'abord des droites respectivement parallèles aux rayons de l'analème. De ces parallèles O*v*'', O*x*'', O*y*'', O*y*''', O*x*''', O*v*''', représentées toutes sur la figure par des lignes ponctuées, les trois dernières ayant déterminé sur la droite CD les points d'intersection *p*, *q*, *r*, prenez successivement, sur cette figure, des ouvertures de compas égales aux distances C*p*, C*q*, C*r*, et du point E de la figure 29, comme centre, avec chacune de ces ouvertures de compas pour rayons, décrivez de petits arcs : ils détermineront sur la droite DH les trois sections *p*', *q*', *r*'.

Joignez alors ces points avec le centre E, en tirant les droites E*p*', E*q*' E*r*' : ces droites rencontreront le quart de cercle DB en des points *p*, *q*, *r*, et il ne vous restera plus qu'à examiner de combien de degrés et de minutes ces sections *p*, *q*, *r* sont éloignées des points horaires ; car, en comparant ce nombre de degrés et de minutes à celui qui existe entre deux arcs d'heures consécutifs, vous trouverez indiquée en minutes temporaires, l'expression du temps qui correspond aux droites E*p*, E*q*, E*r*, de la figure 29 ; ou, ce qui revient au même, vous connaîtrez l'heure qui correspond aux lignes O*p*, O*q*, O*r* de la figure 29·*a*, qui représentent à la fois, relativement à chacune des époques zodiacales, le moment précis du lever du Soleil sur l'horizon du lieu, et le commencement de l'illumination du cadran solaire.

Aussitôt que toutes les déterminations ci-dessus indiquées

ont été faites sur le quart de cercle correspondant aux heures de la matinée, tout est à peu près fini; car, connaissant le moment du lever du Soleil pour un lieu, on connaît aussi le moment de son coucher, puisque le même nombre d'heures, de minutes, etc.... qui s'écoulent depuis le lever du Soleil jusqu'à midi, s'écoule aussi depuis midi jusqu'au coucher du même astre.

149. Nous voyons, par ce qui vient d'être dit et fait, que, relativement à la latitude du lieu pour lequel a été construit le cadran de la figure 29, le Soleil, arrivé au signe du Cancer, se lève à 3 heures 50', et se couche à 8 heures 10'. Arrivé indifféremment à l'un des signes des Gémeaux ou du Lion, il se lève à 4 heures 12', et se couche à 7 heures 10' : arrivé encore indifféremment à l'un des signes du Taureau ou de la Vierge, il se lève à 5 heures 2', et se couche à 6 heures 58' : arrivé enfin dans l'un des signes du Bélier ou de la Balance, il se lève et se couche à 6 heures précises.

C'est parce que les droites O·9, O·8, O·7 (*fig.* 29·*a*) se trouvent respectivement, par rapport à O·6, dans la même position que O·3, O·4, O·5, et parce que la même chose a lieu également pour les lignes O*v*'', O*x*'', O*y*'', ainsi que pour les lignes O*y*''', O*x*''', O*v*''', que toujours O*v*'' se trouvera inclinée par rapport à O·7, comme O*v*''' par rapport à O·5.

Il résulte de là que, quand le Soleil entre dans l'un des signes du Scorpion ou des Poissons, il se lève à 6 heures 58 et se couche à 5 heures 2'. Quand il entre dans l'un des signes du Sagittaire ou du Verseau, c'est à 7 heures 48' qu'il se lève, et à 4 heures 12' qu'il se couche. Au moment du solstice d'hiver, le Soleil, parvenu au signe du Capricorne, se lève à 8 heures 10', et c'est à 3 heures 50' seulement qu'il se couche.

Quand on connaît ainsi, pour la latitude du lieu qu'on occupe, l'instant précis où le Soleil se lève et se couche à l'époque du plus long des jours de l'année, on connaît aussi quelles sont les seules lignes d'heures que l'on doit marquer sur un cadran solaire.

CHAPITRE IV.

POSAGE DU STYLE, ORIENTATION DU CADRAN ET DÉMONSTRATION GÉNÉRALE DES CONSTRUCTIONS PRÉCÉDENTES.

ARTICLE Ier.

POSAGE DU STYLE ET ORIENTATION DES CADRANS.

150. Après avoir complété, comme nous l'avons dit, le tracé des lignes du Zodiaque, et déterminé complètement l'échelle d'illumination relative au plan d'un cadran solaire, on choisit une tige en fer et bien ronde OP (*fig.* 29) que l'on fixe d'une manière solide sur le plan, au point O, en ayant bien soin qu'elle fasse, avec la méridienne GE, un angle égal à COD; qu'elle se trouve parfaitement dans le plan vertical de cette méridienne, et que son extrémité P soit tournée vers le Nord; ainsi posée, cette tige de fer sera l'axe ou le style du cadran solaire.

Désirez-vous trouver quelle doit être sa longueur pour que son ombre tombe encore sur le bord du cadran solaire aux époques où cette ombre est la plus courte, ce qui est nécessaire, si l'on veut que l'axe puisse indiquer alors les subdivisions du temps, qui ne sont, le plus souvent, marquées que sur le bord du cadran? Voici comment il faudra vous y prendre :

Par le point O (*fig.* 29), tirez d'abord une ligne droite qui aboutisse à celui des points du bord du cadran solaire qui est le plus éloigné du point O; ce sera ici la ligne O·III. Mesurez ensuite la distance E*c*; portez-la (*fig.* 29·*a*) de C en *c*, sur la ligne CD, et menez une ligne droite O·3 qui passe à la fois par le point *c* et par le point O.

Après cela, donnez à la ligne O·3 (*fig*. 29·*a*) la même longueur OM qu'à la ligne O·III de la figure 29, et tirez, à travers le point M, une ligne MP qui soit parallèle à celui des rayons de l'analème correspondant au signe dans lequel le Soleil se trouve, lorsqu'il atteint sa plus grande hauteur par rapport à l'horizon du lieu (1) : cette parallèle déterminera, sur la droite indéfinie OP, la longueur précise OP que l'axe doit avoir.

151. Pour trouver maintenant la position du point *p* de la figure 29, il faut prendre sur la figure 29·*a* la distance O*p* et la porter, à partir du point O, sur la ligne OP de la figure 29. Le point *p*, que l'on trouvera ainsi sur cette figure, sera celui dont l'ombre décrit les lignes du Zodiaque qui sont marquées sur le cadran solaire : il devra être rendu remarquable par un petit bouton métallique.

En comparant la figure 29 avec la figure 29·*a*, on voit que les distances des lignes du Zodiaque au point O dépendent de la distance de ce point *p* au même point O ; et que, quand l'étendue du plan du cadran solaire est fixée, on saura quelle grandeur doit avoir O*p*, pour que toutes les lignes du Zodiaque tombent dans l'intérieur de la périphérie du cadran solaire.

152. Dans le cas où le cadran solaire que l'on a construit ne renfermerait que des lignes horaires, il est de beaucoup préférable de substituer à la tringle OP (*fig*. 29), ce que l'on appelle un style triangulaire, comme on en voit un de dessiné sur le cadran solaire de la figure 33 ; mais alors, il est indispensable d'avoir deux méridiennes sur un cadran.

Pour dessiner un style de ce nouveau genre, on commence par tirer une ligne BD (*fig*. 34 et 35) ; puis, du point B, comme centre, avec un rayon quelconque, on décrit un arc de cercle, sur lequel, à partir du point D, on compte le nombre des degrés, minutes, etc., qui se trouvent dans la hauteur du pôle :

(1) Ce rayon sera celui du Cancer, si le cadran est construit pour une latitude septentrionale : ce serait celui du Capricorne dans le cas contraire.

on obtient ainsi le point E, par lequel et par le point B on tire une droite à laquelle on donne, de B en A, une longueur proportionnée à l'étendue du cadran solaire.

Les bords B A, B D étant ainsi déterminés, on échancrera le bord A D, et l'on ajoutera tous les ornements qu'on jugera nécessaires, en ayant soin, si le style doit être posé sur un cadran de pierre assez épaisse, de faire, à la base B D, deux ou trois forts tenons C, C, C, avec un grand trou à chacun : il ne restera plus alors qu'à le bien sceller.

Il convient de donner à tout style triangulaire une épaisseur qui soit en rapport avec son étendue. S'il a, par exemple, de 40 à 50 centimètres (de 1 pied 3 pouc. à 1 pied 6 pouc) de longueur, on fera son corps de 2 centimètres (de 9 lig.), au moins d'épaisseur, et son dos, ou son dessus, formera comme une règle dont la largeur excédera l'épaisseur du corps du style d'environ 2 millimètres (1 ligne) de chaque côté, en observant de donner 1 millim. (demi-ligne) de largeur de plus au bout supérieur qu'à l'inférieur, pour corriger, du moins en partie, les effets de la pénombre qui, sans cet expédient, paraîtrait faire avancer un peu le cadran aux heures avant midi, et le faire retarder d'autant l'après-midi. Selon les dimensions que nous venons de déterminer, on donnera 24 millimètres (10 lignes) de distance d'un centre à l'autre, ce qui règlera l'écartement des deux méridiennes.

153. La meilleure manière de construire le style d'un cadran horizontal serait, sans contredit, de le faire avec un fil de laiton bien tendu, et formant, avec la méridienne du plan, un angle égal à la hauteur du pôle: il marquerait les heures par son ombre, et serait très-propre à recevoir le bouton générateur des lignes zodiacales. Il ne faudrait alors tracer qu'une méridienne, sur laquelle, au centre du cadran, on ferait un trou pour y sceller solidement un petit morceau de métal, dans lequel on ferait encore un très-petit trou, où l'on fixerait, à vis ou autrement, un bout de fil de laiton, dont on arrêterait l'au-

tre bout à l'extrémité supérieure d'une tringle perpendiculaire ayant une hauteur convenable pour que ce fil d'archal fasse, avec la méridienne qu'il rencontre, un angle égal à la latitude du lieu. Ce pied-droit doit être bien arrêté sur le cadran, afin qu'il puisse résister à la tension du fil.

Le procédé ci-dessus est certainement le meilleur, si l'on n'a égard qu'à la justesse du cadran; mais, si cet appareil est sujet à être approché par des enfants ou par d'autres personnes qui n'ont pas plus de discrétion ni de discernement, le style ne résistera pas longtemps; on le dérangera fort aisément, n'étant pas assez solide. Comme les cadrans horizontaux sont presque toujours exposés à ces inconvénients, il est assez général, pour construire le style, de préférer l'autre manière, qui d'ailleurs est d'une exécution plus facile.

La méthode de construction au moyen d'un fil de laiton n'est guère praticable que pour un cadran fait de quelque métal : elle devient plus difficile pour un cadran de pierre ou de marbre. Pour ceux-ci, quand on n'emploie pas de style triangulaire, comme ceux que représentent les figures 34 et 35, c'est à des tringles, plus ou moins grosses, que l'on a recours. Ces tringles sont ordinairement soutenues par un ou par deux pieds-droits, tels que ceux qui se voient sur les figures 36 et 37.

154. Quand le cadran est gravé, on y fait, pour sceller le style, un nombre convenable de trous, qui doivent être plus larges dans leur fond qu'à leur entrée. On y ajoute ensuite le style, de façon que sa base réelle ou fictive joigne bien sur le plan; que son bout inférieur soit précisément posé sur le centre et exactement dans le milieu de l'espace compris entre les deux lignes de midi. On le dresse ensuite bien perpendiculairement au plan, au moyen d'une équerre qu'on y applique successivement des deux côtés; on le maintient solidement dans cette position, au moyen de coins appropriés à cet usage; on verse la soudure, et, quand elle est refroidie, on s'assure de nouveau de la perpendicularité du plan du style. Si l'on trou-

vait qu'il penchât plus d'un côté que de l'autre, quelques coups de marteau, adroitement donnés sur la soudure, auraient bientôt réparé le mal.

Lorsque le cadran est formé de quelque matière mince, comme ardoise, cuivre, étain ou plomb, on peut en arrêter le style par-dessous, soit avec des vis ou des clavettes, soit même en le soudant d'une manière quelconque.

155. Le cadran que l'on vient de construire étant entièrement revêtu de son style et de toutes les lignes qu'on y veut tracer, il reste encore au constructeur deux choses fort importantes à exécuter, lorsque c'est sur un plan mobile que l'on en a dessiné la table : il s'agit en effet d'orienter cette table, et de la mettre parfaitement de niveau. Ces deux opérations, qui doivent se faire simultanément, demandent un peu d'adresse, parce que, quand la table est de niveau et qu'elle est mal orientée, il arrive souvent que, sans le vouloir, pour la remettre bien orientée, on lui fait perdre son niveau parfait. Atteindre en même temps le double but que l'on se propose, n'est donc pas chose très-facile à faire : voici toutefois comment on y pourra réussir.

On s'assurera de l'heure de midi, soit par un autre cadran que l'on saura être bien fait, soit, encore mieux, par une méridienne horizontale que l'on peut tracer à portée du cadran solaire. Alors, on posera le cadran lui-même à la place qu'on lui destine, en l'orientant aussi près que l'on pourra, à quelques minutes près, s'il est possible, et l'on aura soin de le mettre parfaitement de niveau en tous sens. Cette seconde opération s'exécutera très-bien au moyen d'un niveau à bulle d'air : ce sont presque les seuls qui aient assez de précision. A défaut d'un niveau de ce genre, on pourra toutefois en employer un ordinaire. Quant à l'opération, qui a pour but l'orientation approximative du cadran, on l'exécute quelques minutes avant midi, au moyen d'une montre réglée de la veille.

Pour rectifier cette orientation préparatoire, au moyen de la méridienne voisine, il faut, au moment de midi sur cette mé-

ridienne, remettre sa montre à l'heure; regarder de quel côté il faut tourner le cadran pour lui faire marquer midi en même temps, et, tout de suite, le tourner convenablement. Comme, en tournant, le cadran perd souvent son parfait niveau, il est nécessaire de le lui rendre, et d'attendre que midi et un quart soient venus, pour voir s'il se rencontre bien précisément avec la montre. S'il n'est pas d'accord avec elle, il faut corriger son orientation, rétablir son niveau, et attendre à midi et demi pour voir s'il est enfin d'accord avec la montre. S'il n'y est pas encore, il faut y retoucher et l'examiner de nouveau à midi trois-quarts, puis à une heure, et toujours de même, jusqu'à ce qu'enfin il aille bien avec la montre.

Le lendemain, ou un autre jour, si le soleil n'éclaire point, on verra si le cadran marque midi juste au même moment que la méridienne le marquera; puis on remettra promptement sa montre sur le midi de la méridienne, afin d'en confronter de nouveau l'heure avec celle du cadran solaire.

Enfin, lorsque l'on sera assuré que le cadran posé sur des cales est bien orienté et bien de niveau, on procédera à son scellement définitif.

Pour placer le niveau comme il faut, on se servira d'une règle bien droite et dont la largeur soit exactement égale d'un bout à l'autre; on l'appliquera de champ le long de la méridienne, et l'on posera le niveau sur elle. Lorsqu'on aura ainsi nivelé le cadran en ce premier sens, on appliquera la règle sur la ligne de six heures; on posera le niveau sur la règle, et on nivellera encore le cadran en ce deuxième sens. On remettra la règle sur la méridienne, avec le niveau dessus, pour voir si le premier nivellement n'est pas dérangé, et l'on continuera à présenter la règle et le niveau dans les deux directions perpendiculaires adoptées, jusqu'à ce que l'on ait reconnu qu'il n'y avait plus de corrections à effectuer.

156. Quoique le cadran soit fait exactement et parfaitement orienté, on pourra y remarquer une petite erreur à cer-

taines heures, soit avant, soit après midi. On trouvera qu'il avance un peu le matin et qu'il retarde un peu le soir. Cela vient de ce que la réfraction des rayons de lumière, causée par l'air, fait paraître le soleil plus élevé, qu'il n'est, d'une quantité qui diminue à mesure que cet astre se rapproche du méridien. Ainsi l'erreur est d'autant moindre, que les heures marquées par le cadran sont moins éloignées de midi. Cette erreur est presque insensible vers dix ou onze heures avant midi, ainsi que vers une ou deux heures après midi, en été, parce que le Soleil, à cette époque et à ces heures-là, est très-élevé sur l'horizon. A midi il n'y a jamais aucune erreur. Il faut encore remarquer qu'en hiver, toutes choses égales d'ailleurs, l'erreur est plus grande qu'en été, parce que, durant la froide saison, le Soleil est beaucoup plus bas qu'en été.

157. Si l'on avait un cadran horizontal tout fait, mais pour une latitude particulière et différente de celle du lieu où on voudrait le faire servir, on pourrait encore lui faire marquer juste les heures, par la manière de le placer. Si, par exemple, le cadran était tracé pour une latitude, c'est-à-dire pour une hauteur de pôle égale à 49 degrés, et qu'on voulût le poser dans un lieu dont la latitude ne fût que de 43 degrés, il faudrait le poser en pente et du côté du centre qui regarde le midi, et l'élever de 6 degrés au-dessus de son niveau, afin que son axe ou style devienne parallèle à l'axe du Monde. Si le lieu où l'on doit poser le cadran tout fait avait sa latitude plus grande que celle pour laquelle le cadran a été tracé; si, par exemple, cette latitude était de 54 degrés, il faudrait élever le bord septentrional du cadran de 5 degrés au-dessus du niveau du bord opposé. Du reste, il faut qu'il soit bien orienté, et parfaitement de niveau de l'orient à l'occident, quoiqu'il soit en pente du midi au septentrion.

Nous avons fait la remarque précédente, parce que presque tous les opticiens, horlogers, etc., vendent des cadrans horizontaux tout faits. Or ces cadrans de pacotille sont ordinaire-

ment tracés pour un lieu autre que celui où on les vend. En France, c'est pour la latitude de Paris que la plupart d'entre eux sont faits. Si toutefois on ignorait quelle est la latitude qui convient à un de ces cadrans horizontaux du commerce, on la trouverait aisément en mesurant l'inclinaison du style sur la ligne de midi.

Nous expliquerons plus loin comment il peut se faire qu'on puisse utiliser, en l'inclinant, un cadran solaire horizontal construit pour une latitude autre que celle du lieu dans lequel on veut l'utiliser.

ARTICLE II.

DÉMONSTRATION DE TOUT CE QUI SE RAPPORTE A LA CONSTRUCTION DES LIGNES HORAIRES.

158. L'exactitude de tout ce que nous avons dit, en procédant à la construction du cadran horizontal représenté sur la figure 29, relativement à ses lignes d'heures, à ses lignes du Zodiaque et à son échelle d'illumination, peut être aisément et rigoureusement démontrée, au moyen de la figure 30, sur laquelle nous supposerons que le rectangle perspectif MNOQ représente le cadran horizontal de la figure 29, avec sa même méridienne GE, son équinoxiale HH', son centre diviseur E, ses lignes horaires, etc., etc. . . .

Si le rectangle RSTU représente, sur la même figure, un cadran équinoxial bien orienté, ayant son rayon CD parfaitement égal au rayon de l'équateur ED du cadran horizontal, et sa base UT bien confondue avec l'équinoxiale HH', il est évident que son axe CP se confondra aussi avec l'axe OP du cadran MNOQ, puisque ces deux axes doivent être tous deux parallèles à celui du Monde, et passer tous deux par le point C, comme le doivent aisément comprendre les personnes familiarisées avec les démonstrations de la Géométrie.

Cela posé, imaginons que les lignes horaires du cadran équinoxial, ou, si vous l'aimez mieux, les lignes d'ombres projetées sur le plan RSTU par le style commun OP, ont toutes été prolongées jusqu'à l'équinoxiale HH'; il est clair que les points *a*, *b*, *c*, *d*, etc., qu'elles détermineront sur cette droite, seront précisément les mêmes que les points *a*, *b*, *c*, *d*, qui ont servi, avec le point O, à déterminer les lignes d'heures de la figure 29, ou du cadran horizontal MNOQ. On conçoit en effet que si le demi-cercle BDF, en tournant autour de UT, allait se rabattre sur le cadran équinoxial, les lignes E·1, E·2, E·3, etc., iraient exactement tomber sur les rayons correspondants C·1, C·2, C·3, etc. Les points *a*, *b*, *c*, *d*, etc., de l'équinoxiale HH' sont donc des points d'ombre communs pour les lignes horaires homologues des deux cadrans. Or, le point O doit être situé sur toutes les lignes horaires du cadran horizontal; donc, en le joignant, comme on l'a fait, avec les différents points *a*, *b*, *c*, *d* de l'équinoxiale, on a réellement et rigoureusement tracé les véritables lignes marquant les heures depuis la sixième du matin jusqu'à la sixième du soir sur le cadran horizontal MNOQ, et par conséquent aussi sur celui de la figure 29.

159. Remarquons maintenant que l'équinoxiale HH' est à la fois perpendiculaire aux deux méridiennes ZD, GE, et que, sur le cadran équinoxial, les lignes horaires de la partie orientale et celles de la partie occidentale sont symétriquement situées par rapport à la méridienne ZD: les points *a*, *b*, *c*, *d*, etc., de la partie gauche de l'équinoxiale, et les mêmes points de la partie droite, sont donc dans des positions exactement symétriques par rapport au point D. Voilà pourquoi les lignes horaires que ces deux séries de points déterminent sur le cadran horizontal, ont elles-mêmes été placées symétriquement des deux côtés de la méridienne GE.

160. La ligne de six heures, sur le cadran équinoxial RSTU, est perpendiculaire à la méridienne ZC, il n'est donc pas

étonnant que, sur le cadran horizontal M N O Q, la ligne de 6 heures soit aussi perpendiculaire à la méridienne G E. On doit comprendre, en effet, que le plan de l'ombre de l'axe étant, à six heures, perpendiculaire au plan du méridien, aussi bien que le plan du cadran horizontal, sa trace sur ce dernier plan, c'est-à-dire la ligne de six heures, doit être perpendiculaire à la ligne méridienne G E, en vertu de ce principe connu, que l'intersection de deux plans perpendiculaires à un troisième est nécessairement perpendiculaire à toutes les droites qu'elle rencontre sur ce troisième plan.

161. Celles des lignes qui, sur le cadran universel R S T U, font connaître les différentes parties du temps qui tombent avant la sixième heure du matin et après la sixième heure du soir, se trouvent toutes sur le prolongement des lignes qui indiquent les différentes parties du temps qui leur sont homologues.

Cela tient à ce que le Soleil, aux heures homologues, se trouve, ainsi que l'axe du cadran, dans des plans horaires semblablement inclinés, mais en sens contraire, par rapport au plan vertical de la méridienne Z D.

Il résulte de là que celles des lignes qui marquent les différentes parties du temps qui s'écoule avant six heures du matin et après six heures du soir, doivent, sur le cadran horizontal, aussi bien que sur l'équinoxial, coïncider exactement avec les prolongements des lignes qui indiquent les différentes parties du temps qu'elles ont pour homologues dans la moitié opposée du jour.

La comparaison des figures 29 et 30 nous démontre donc que la construction entière d'un cadran horizontal n'est pas autre chose que la réduction à l'horizon d'un cadran équinoxial bien construit.

ARTICLE III

DÉMONSTRATION DES PRINCIPES POSÉS POUR LA CONSTRUCTION DES LIGNES DU ZODIAQUE.

162. Les opérations relatives au tracé des lignes zodiacales sur le cadran horizontal représenté par la figure 29, peuvent aussi s'expliquer par la comparaison des deux cadrans de la figure 30.

Supposons, en effet, que le point p qui se trouve situé sur le style commun aux deux cadrans comparés de cette figure 30, soit précisément celui des points de la verge métallique qui doit engendrer la représentation des signes sur les plans de nos deux cadrans : il est évident que la première chose à faire, pour effectuer le double tracé des deux séries de lignes zodiacales, consiste à dessiner en p, dans le plan de la méridienne, un analème $op w$, dont la ligne médiaue $p s$ soit exactement d'équerre sur la direction de l'axe O P.

Cet analème ainsi dessiné, on doit écrire à côté, ou sur le prolongement de chacun de ses rayons, l'indication du signe, ou des deux signes du Zodiaque dont il représente la déclinaison.

Pour ne pas se tromper, en faisant cette indication, il importe de se rappeler que, quand le Soleil est dans le signe du Cancer (♋), c'est la partie septentrionale du style qui fait un angle obtus avec la direction des rayons solaires prolongés au-delà du centre. Ici donc, où la partie du style qui est comprise entre le point p et le point O représente (1) la partie méridionale de l'axe terrestre, tandis que p P en représente la partie septentrionale, c'est évidemment le long du rayon $p w$ que doit être placé le signe du Capricorne (♑); tandis

(1) On suppose en effet que le cadran se construit pour une latitude septentrionale.

que le signe du Cancer (♋) doit être placé le long du rayon *p o*, celui qui s'éloigne le moins du point central O.

La précaution que nous venons d'indiquer ci-dessus est une précaution de rigueur, si l'on veut que les rayons de l'analème se trouvent inclinés, par rapport à l'axe du cadran, comme le sont, par rapport à celui de la Terre, les rayons que le Soleil darde vers nous, lors de son entrée dans les signes qui correspondent respectivement aux divers rayons de l'analème.

163. Cette observation faite, il est clair que, si l'on prolonge les rayons de l'analème jusqu'à la méridienne G F, ils détermineront, sur cette droite, un certain nombre de points *o*, *q*, *r*, *s*, *t*, *v*, *w*, qui seront les ombres projetées sur cette méridienne, aux époques zodiacales, par le point générateur que nous avons appelé *p*.

Maintenant, sans rien changer à la position de l'analème par rapport à l'axe O P, faisons tourner ce secteur de façon à le faire coïncider avec le plan de la ligne de 1 heure (O·I); il est évident que ses rayons prolongés rencontreront cette droite O·I, de même que, précédemment, ils ont rencontré la méridienne C E : ils détermineront donc, sur la ligne de 1 heure, autant de nouveaux points *a'*, *b'*, *c'*, *d'*, etc., qu'ils en avaient précédemment déterminés sur la méridienne, c'est-à-dire sur la ligne O·XII.

En opérant de même, relativement aux lignes O·II, O·III, O·IV, etc., nous obtiendrons successivement de nouvelles séries de points que nous appellerons, savoir : *a''*, *b''*, *c''*,... sur la ligne O·II; *a'''*, *b'''* *c'''*..., sur la ligne O·III, etc.

Si donc nous réunissons, par une ligne continue, les points divers déterminés sur les différentes lignes d'heures par chacun des rayons de l'analème, il est évident que nous aurons achevé le tracé des lignes zodiacales du cadran.

164. *Remarque.* Quoique la position de l'analème soit toujours la même par rapport au style, les points d'intersection de ses rayons avec les différentes lignes d'heures ne sont pas

placés de la même manière sur toutes ces lignes. Ainsi, par exemple, les points a', b', c'..., de la ligne O.I, ne sont pas à la même distance du point O que les points o, q, r.... de la méridienne.

Cela tient à ce que l'angle CO·I, que la droite O·I fait avec le style OP, n'est pas le même que l'angle C O·XII, compris entre ce même axe et la méridienne.

Il en résulte que, pour trouver les distances Oc, Oq, Or,... qui correspondent à la méridienne, ainsi que les distances Oa', Ob', Oc'..., qui correspondent à la ligne de 1 heure, etc., il n'y a véritablement plus qu'une seule difficulté, qui consiste à déterminer exactement l'inclinaison de l'axe du cadran par rapport à chacune des lignes horaires.

Or, cette difficulté n'en est véritablement pas une, puisque, pour chaque ligne horaire, cette inclinaison est précisément l'un des angles aigus d'un triangle rectangle dont on connait les deux côtés de l'angle droit.

En effet, pour la méridienne, l'angle CO·XII est l'un des angles du triangle rectangle C O D, dont les côtés CO et C D sont connus; puisque l'un, C O, est ce que nous avons appelé la longueur de l'axe, et que l'autre, C D, est égal à la distance DE, du point connu D de l'équinoxiale H H', au centre diviseur E du cadran.

Pour la ligne de 1 heure, l'angle CO·I est l'un des angles du triangle rectangle COa dont les côtés CO et Ca sont connus; puisque l'un, CO, est encore la longueur même de l'axe, et que l'autre, Oa, est égal à la distance a E, du point connu a de l'équinoxiale HH', au centre diviseur E du cadran.

Pour les lignes d'heures qui viennent après, les angles CO·II, CO·III ne sont pas plus difficiles à trouver que l'angle CO·I qui correspond à la ligne de 1 heure.

165. Cela bien compris, rien n'est plus facile que de se rendre compte de toutes les constructions exécutées sur la

figure 29·*a*, pour obtenir, par son moyen, le tracé des lignes zodiacales de la figure 29.

Comparons, en effet, la figure 29·*a* à la figure 30, et nous reconnaîtrons aisément que les triangles OCD, OC*a*, OC*b* de la première sont parfaitement égaux aux triangles OCD, OC*a*, OC*b* de la seconde, puisque l'on a pris OC de la figure 29·*a* égal à OC de la figure 29; que le point *p*, d'où part l'analème sur les figures 29·*a* et 30, est supposé à la même distance du point O sur les deux figures; que la ligne CD est, de part et d'autre, perpendiculaire, en *p*, sur l'axe OP; que les distances ED, E*a*, E*b* de la figure 30, mesurées sur les lignes homologues de la figure 29, ont été portées sur la perpendiculaire CD de la figure 29·*a*, et que c'est par les points D, *a*, *b*,... ainsi déterminés sur la figure 29·*a*, que l'on a fait passer les lignes d'heures OD, O*a*·1, O*b*·2, O*c*·3, qui, sur cette figure 29·*a*, sont inclinées, par rapport au style OP, comme sont censées l'être, par rapport au même axe, les lignes homologues des 29e et 30e figures.

166. *Deuxième remarque.* Toutes les lignes qui marquent les différentes parties du temps de l'un des côtés de la méridienne GE (*fig* 29), doivent évidemment se trouver inclinées par rapport à l'axe du cadran, exactement comme le sont, par rapport à la même droite, celles des lignes horaires qui occupent une position symétrique, de l'autre côté du plan méridien. Il suit de là, que les intersections, avec les rayons de l'analème, de celles de ces lignes horaires qui sont symétriques entre elles, doivent se trouver, deux à deux, également éloignées du point O. Voilà pourquoi l'on a écrit, au bout des lignes de 1, de 2, de 3, etc., heures de la figure 29·*a*, les indications à deux fins 11 ou 1, 10 ou 2, 9 ou 3, etc.

167. *Troisième remarque.* La ligne de six heures du matin et celle de six heures du soir, sont, ainsi que nous l'avons déjà dit, exactement sur le prolongement l'une de l'autre. Or, les lignes horaires qui appartiennent à chacune des parties du

temps qui précèdent six heures du matin, ont, par rapport à la ligne des deux 6 heures, la même inclinaison que les lignes horaires qui appartiennent à chacune des parties du temps qui s'écoulent après 6 heures du soir, lorsque, toutefois, on ne compare entre elles que les parties du temps également éloignées des heures méridiennes, de midi et de minuit, comme, par exemple, 5 heures et 7 heures, ou 4 heures et 8 heures. Voilà encore pourquoi, sur certaines lignes horaires de la figure 29·*a*, on trouve toujours réunis les nombres 7 et 5, 8 et 4, 9 et 3.

168. Tout ce que nous venons de faire observer ci-dessus, est une conséquence naturelle de faits bien clairs, que l'on peut constater aisément au moyen de la figure 30. Sur cette figure, l'axe commun est évidemment d'équerre, par rapport à la ligne des deux 6 heures. De plus, les lignes d'heures venant après la 6e du soir, y tombent exactement sur le prolongement des lignes qui marquent les heures homologues de la matinée. Il suit de là que les premières, c'est-à-dire, les heures du soir dont nous avons parlé d'abord, ont dû être fixées sur la figure 29·*a*, aussitôt qu'on a eu prolongé, par-de-là le point O, les lignes horaires homologues de la matinée.

De cette manière, on a trouvé O·5', O·4'..., pour représenter les heures nos 4 et 5 du matin, en faisant les deux angles 5'·O·6 et 4'·O·6 respectivement égaux aux angles 4·O·6 et 5·O·6.

Il faut seulement avoir soin de former ces angles de l'autre côté de la droite O·6, pour qu'ils déterminent les lignes O·5, O·4, qui font voir les parties différentes du temps O·5, O·4 qui se trouvent, par rapport au style, dans la même position que O·5', O·4'. Les rayons de l'analème qui rencontrent ces lignes, y déterminent de nouvelles ombres du point générateur *p*, dont on peut se servir, pour décrire les lignes du Zodiaque, de la même manière que de celles trouvées sur les autres lignes.

169. Examinons un moment avec attention le procédé que nous avons employé pour déduire l'échelle d'illumination du

cadran solaire, de la position particulière donnée à l'analème tracé sur la figure 29·*a* et *r*. Rappelons-nous en même temps que ce sont les rayons de ce même secteur qui fixent la direction suivant laquelle, aux époques zodiacales, les rayons solaires arrivent vers le style, et par conséquent aussi vers l'axe de la Terre : nous ne tarderons pas à comprendre alors que ce sont précisément les lignes horaires du matin et du soir, dont la direction est exactement parallèle aux rayons de l'analème, qui doivent déterminer, par rapport au plan du cadran, quel est le moment juste où le Soleil se lève et se couche aux différentes époques zodiacales.

N'oublions pas, d'ailleurs, qu'au moment où le Soleil fait son apparition sur la table du cadran, ses rayons sont nécessairement parallèles à la surface de ce plan; car, c'est à cause de cela que nous avons tiré, par le point O de l'axe OP des figures 29 et 29·*a*, des lignes parallèles aux rayons des signes de l'analème, et que, en examinant quelles parties du temps indiquaient ces parallèles, nous avons trouvé quelle était, par rapport au plan du cadran solaire, l'époque exacte du lever, ainsi que celle du coucher du Soleil. Ajoutons que celles d'entre les lignes horaires marquant les différentes parties du temps de la matinée et de la soirée qui se trouvent à une distance précisément égale des deux côtés de la méridienne, ayant la même inclinaison par rapport à l'axe OP, les lignes du lever seront séparées des extrémités sud ou nord de la méridienne par autant de lignes horaires que les lignes du coucher.

Pourquoi maintenant, demandera-t-on peut-être, pourquoi les temps du lever et du coucher, pour toutes les positions du Soleil, depuis le Bélier jusqu'à la Balance, correspondent-ils à des temps égaux, mais opposés aux temps du lever et du coucher, pour les positions du Soleil, depuis la Balance jusqu'au Bélier? C'est parce que les rayons des signes zodiacaux qui se trouvent à une même distance angulaire du rayon moyen *pz*,

ont une inclinaison égale, mais opposée, par rapport au style, et parce qu'aussi la même chose a lieu pour les lignes qui font voir les différentes parties du temps, lorsqu'elles se trouvent à une égale distance de la ligne de 6 heures.

Ce que nous venons de dire relativement à l'échelle de l'illumination, explique comment nous avons pu trouver, par l'analème, les temps précis où le Soleil se lève et se couche, ainsi que les longueurs de la journée, pour chaque lieu connu par sa latitude, relativement à chacun des jours pendant lesquels le Soleil fait son entrée dans chacun des douze différents signes du Zodiaque.

170. Les démonstrations qui précèdent ne rendent pas uniquement raison de la construction des cadrans horizontaux, revêtus ou non de leurs lignes du Zodiaque et de leur échelle d'illumination : elles expliqueront aussi la construction de tous les autres cadrans solaires dont nous aurons à nous occuper. Dans tous ces appareils, sur le plan du cadran solaire à construire, nous supposerons toujours un cadran universel orienté de façon à servir à la construction et à l'explication de celui-ci. De cette manière, les preuves données ci-dessus pourront toujours se répéter relativement aux principes généraux de toutes les constructions nouvelles; attendu que la position réciproque des plans des deux cadrans solaires comparés, et la position de l'axe commun, ne peuvent éprouver de changement que relativement à la position spéciale, par rapport aux différentes régions du Monde, du cadran solaire qu'on veut établir.

CHAPITRE V.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'INFLUENCE EXERCÉE PAR LA LATITUDE DES LIEUX SUR LA NATURE DES LIGNES DU ZODIAQUE.

171. Quand on réfléchit à ce que doit être la nature des lignes du Zodiaque qui sont marquées sur un cadran horizontal, on ne tarde pas à reconnaître que, provenant de la rotation apparente du Soleil autour de la Terre, toutes ces lignes doivent appartenir aux sections coniques.

Si nous concevons, en effet, qu'une multitude infinie de droites aient été tirées, à partir des différents points de l'un des parallèles à l'équateur que le Soleil décrit journellement autour de la Terre, et que toutes ces lignes soient dirigées vers un point quelconque p (*fig.* 38) d'un axe droit PD, perpendiculairement attaché à un plan parallèle au plan de l'équateur terrestre : ces droites seront, par rapport au point p, les rayons projetants de son ombre. Terminés tous à leur rencontre avec le plan AB, qui est perpendiculaire au style, ils formeront autour de cet axe la surface convexe d'un cône droit tel que ApB.

Que cet axe ou ferret pD serve de style à plusieurs cadrans solaires, et que le point p soit le point générateur des lignes zodiacales : il est clair alors que les plans de tous ces cadrans, quelle que soit la position où chacun se trouve, par rapport à la ligne pD, devront nécessairement rencontrer une partie, sinon la totalité des différents cônes engendrés. Le point p, ou plutôt son ombre, décrira donc sur leurs surfaces des lignes qui ne sauraient être autre chose que l'une de celles que les géomètres appellent des sections coniques.

172. Chaque fois que l'on coupe un cône droit ABC (*fig.* 39)

par un plan perpendiculaire à son axe BD, et par conséquent parallèle à sa base AC, la section EF, que l'on obtient, est ce que l'on appelle un cercle; mais quand on le coupe suivant la direction même de son axe BD, la section ABC est simplement un triangle isocèle.

La section serait au contraire une *parabole*, comme HGO, si elle était faite parallèlement à l'un des côtés AB ou BC de ce triangle : ce serait une *hyperbole*, comme LKM, si elle était faite de manière que l'angle KNC fût plus grand que BAC; tandis que ce serait une *ellipse*, comme GE, si elle était faite de manière que l'angle GEF fût moindre que BAC.

173. Supposons que A'Q' (*fig.* 38) soit le plan de l'équateur, que AB soit un plan parallèle à celui-ci, et que pD soit un axe ou ferret perpendiculairement attaché sur AB : alors ApB, CpE, FpG seront les trois cônes d'ombre que le ferret engendre, lorsque le Soleil se trouve respectivement dans les signes septentrionaux du Zodiaque. Tout cela résulte indubitablement de la situation même de l'analème qu'on voit, orienté comme il doit l'être, au point p de l'axe pD.

Quand le Soleil se trouve à l'un des signes du Bélier (♈) ou de la Balance (♎), c'est-à-dire, quand il se trouve à l'équateur, l'ombre du point p décrit évidemment un plan A'Q' parallèle à la droite AB, représentation du plan supposé.

Quand le Soleil se trouve dans les signes méridionaux du Zodiaque, les rayons de l'ombre du point p, c'est-à-dire pK, pM, pQ (que nous pouvons supposer terminés à un plan HK situé à une distance quelconque de p et parallèle au plan A'Q' de l'équateur), décrivent les cônes d'ombre KpH, MpL, QpN : cela résulte encore de l'analème.

174. Lorsque la table d'un cadran aq est exactement perpendiculaire au style ou ferret pD qui sert d'axe aux cônes, elle les entrecoupe tous parallèlement à leurs bases. Il suit de là

que les lignes du Zodiaque tracées sur elle sont des cercles parfaits : tel est le cas du cadran universel.

Quand, au contraire, la table d'un cadran solaire forme un angle quelconque avec la base des cônes d'ombre, ou avec le plan de l'équateur, ses lignes d'intersection avec la surface convexe des différents cônes, et par conséquent les lignes zodiacales du cadran, sont toujours, à l'exception de celle du Bélier et de la Balance, tantôt des hyperboles, puis des ellipses et des paraboles ; tantôt des ellipses, puis des paraboles et des hyperboles ; et tantôt, enfin, des hyperboles et des ellipses. Tout cela dépend de l'angle que forme avec les bases des cônes la surface du plan qui les entrecoupe.

175. La courbe zodiacale, pour les signes du Bélier ou de la Balance, est toujours une ligne droite ; car, comme nous l'avons déjà fait observer, lors de la position du Soleil dans l'un de ces deux signes, l'ombre du point important p décrit et engendre un plan circulaire qui est parallèle au plan de l'équateur : sa ligne d'intersection avec la table du cadran, qu'elle ne peut manquer de rencontrer, est donc nécessairement une ligne droite, ainsi que l'est toujours la ligne de section de deux plans qui se rencontrent et se coupent.

176. En comparant les figures 38 et 39 l'une avec l'autre, on voit d'abord que les points $a', b', c', d', e', f'g'$ (1) sont autant de sommets relativement aux sections coniques représentant les lignes du Zodiaque pour les plans bc, de, fg, hi, kl. On apprend ensuite que ces courbes ont toutes leur sommet ci-dessus tourné du même côté, pour tous les signes compris entre le Bélier (♈) et la Balance (♎), et que deux signes du Zodiaque produisent des sections coniques confondues pour des signes méridionaux ou septentrionaux, quand ces signes se trouvent à une distance égale de l'un des signes médians du Bélier (♈)

(1) Le peu de grandeur de la figure 38 n'ayant pas permis au graveur de placer tous les points a', b', c', etc., sur les lignes bc, de, etc., c'est au lecteur à y suppléer par la pensée.

ou de la Balance (♎). Cela tient à ce que leurs cônes d'ombre coïncident l'un avec l'autre, et à ce que les plans *bc*, *de*..... forment, avec les bases AB, HK de tous les cônes, des angles égaux deux à deux, savoir $o = o'$, $x = x'$, etc.

177. Connaissant, par le moyen de l'analème, les angles ♋ *p* ♈, ♊ *p* ♈, etc.... que font avec le plan A'Q' de l'équateur, lors de la position du Soleil dans les différents signes du Zodiaque, ceux des rayons de cet astre qui engendrent les surfaces convexes des divers cônes d'ombre; on connaît aussi les angles *u*, *v*, *w* qu'ils forment avec les bases AB et HK; car ces bases sont parallèles à A'Q', et il en résulte que l'angle *w* = ♋ *p* ♈ = ♑ *p* ♈.

Cet angle *w*, dont la grandeur n'est pas toujours la même, valait 23° 27' 41'' en 1834. A la même époque, l'angle *v* ou ♊ *p* ♈, ou encore ♒ *p* ♈, valait 20° 10' 6'', et l'angle *u*, ou ♉ *p* ♈, ou encore ♓ *p* ♈, valait 11° 28' 54'' : toutes ces valeurs ne sont en effet que des conséquences de l'analème. Nous verrons plus tard, à la fin de cet ouvrage, comment on les peut déduire de la valeur connue de l'angle *w* (celui de la plus grande déclinaison), qui doit être diminué de 172 seconde, pour chacune des années qui se sont écoulées depuis 1834.

C'est par le moyen de ces angles que nous pourrons décider toujours quelle doit être la nature des lignes du Zodiaque, sur des plans *bc*, *de*, etc., dont la position est donnée par rapport au plan de l'équateur. Nous connaissons en effet l'inclinaison de ces plans par rapport aux bases des différents cônes d'ombre, et cette inclinaison détermine seule de la nature de la section conique. La connaissance de cette nature permet de vérifier l'exactitude des lignes du Zodiaque, telles qu'elles ont été construites par le moyen de l'analème, et cette vérification se fait en suivant une marche qui trouvera sa place ailleurs.

178. Lorsque l'angle *o*, que le plan de la table *bc* d'un cadran solaire forme avec le plan de l'équateur, et par con-

séquent aussi avec les bases des cônes d'ombre, est plus grand que ne l'est le plus grand (w) des trois angles dont nous avons parlé ci-dessus, les sections coniques sont des hyperboles.

Il suit de là que, sur un cadran horizontal (*fig.* 29), établi pour une latitude de 57° 3' 17", la valeur complémentaire de cette latitude, c'est-à-dire celle de l'angle CDO, que fait la table ou méridienne GE avec le plan de l'équateur CD, surpassant 23° 27' 41". les lignes du Zodiaque obtenues par l'analème ont dû être et sont en effet des hyperboles. Toutes d'ailleurs ont pu y être tracées, parce que leur plan bc (*fig.* 38) rencontre, sans exception, tous les cônes d'ombre engendrés par le point p.

Si le même angle CDO eût été moindre que ne l'est le moindre (u) des trois angles dont nous avons parlé ci-dessus, les sections coniques auraient été toutes des ellipses, comme cela a lieu sur la figure 41 qui représente un cadran horizontal construit pour 80° de latitude septentrionale, et dont, par conséquent, la table horizontale ou méridienne GE forme avec le plan CD de l'équateur un angle CDO égal à 10° seulement.

Comme la droite ki (*fig.* 38), qui représente le plan de ce cadran solaire, ne rencontre que trois des cônes d'ombre, ainsi que le plan A'Q' qui correspond aux signes du ♈ et de la ♎, il est clair qu'on n'a pu marquer sur la table de la figure 41 que les quatre des lignes du Zodiaque qu'on y voit marquées. Cela vient de ce que le Soleil n'éclaire plus le plan du cadran solaire, quand il se trouve dans les signes méridionaux de l'écliptique.

On peut remarquer, en effet, que les rayons FO, CM, AK, dardés par le Soleil, quand on suppose cet astre dans la direction des points F, C, A, forment tous, avec le plan équinoxial, même à l'heure de midi, des angles qui sont plus grands que celui que le cadran solaire fait avec le plan de l'équateur. Il suit de là que c'est le côté de la table du cadran solaire qui est tourné vers le pôle antarctique, qui se trouve

éclairé pour de pareilles situations méridionales du Soleil. La même chose a lieu relativement à l'autre face de la table pour les signes septentrionaux opposés.

179. Dans le cas où le plan du cadran solaire (*fig.* 38) formerait avec le plan A' Q' de l'équateur, ou avec les bases AB et HK des cônes d'ombre, un angle x égal à w ou à 23° 27, 41'', la ligne de, qui représenterait ce plan sur la figure 38, serait parallèle à la droite FQ, l'angle x' serait plus grand que u et que v, et il s'en suivrait que la ligne zodiacale ♋ ♋ deviendrait une parabole pour les latitudes septentrionales, tandis que les autres lignes du Zodiaque seraient des hyperboles, à l'exception de la ligne ♑ ♑, qui n'existerait pas sur le cadran, comme cela se fait voir en figure 40, où se trouve construit un cadran horizontal établi pour 66° 37' 19'' de latitude septentrionale, et dont, par conséquent, la table fait avec le plan de l'équateur un angle CDO $= w =$ 23° 27' 41''.

La table de ce cadran solaire ne rencontre pas le cône d'ombre NpQ qui correspond au Capricorne (♑), parce que la ligne Fp (*fig.* 38), direction des rayons solaires à midi, se trouve être parallèle au plan du cadran solaire. Il suit de là que ces rayons, lorsque le Soleil est dans ce signe extrême, ne jettent pas d'ombres arrêtées, à midi, sur celui des côtés de la table du cadran solaire qui est tourné vers le pôle arctique P. Ils ne peuvent donc pas éclairer cette face de la table pendant tout ce temps : ils éclairent seulement la face du cadran qui est tournée vers le pôle antarctique D, ou le dessus d'un cadran horizontal qui serait construit pour une pareille latitude dans l'hémisphère méridional.

180. Si l'angle y (*fig.* 38), que la table fg d'un cadran solaire forme avec le plan de l'équateur, égalait v ou 20° 10' 6'', les sections zodiacales seraient des hyperboles, relativement au cône d'ombre ApB du Taureau (♉), et de la Vierge (♍), ainsi qu'au cône d'ombre HpK des Poissons (♓) et du Scorpion (♏). Ensuite, les angles y et v étant plus grands que u, la section avec FpG,

cône d'ombre correspondant au Cancer (♋), devient une ellipse. Quant à la section avec C*p*E, cône d'ombre correspondant aux Gémeaux (♊) et au Lion (♌), ce sera une parabole sur cette table. Tout cela tient à ce que *y* égalant *v*, cet angle *y* est moindre que *u* pour le premier cône, tandis que, pour le dernier cône, l'angle *y* étant égal à *v*, la droite *fg* est parallèle à la ligne C*p*. Pour les autres signes, il n'y a pas de lignes du Zodiaque, si la table du cadran solaire est tournée vers le pôle arctique, comme nous l'avons supposé ici, parce que la table *fg* du cadran solaire ne rencontre pas les cônes d'ombre de ces autres signes, le Soleil n'éclairant, lorsqu'il s'y trouve, que le côté de la table *fg* qui est tourné vers le pôle antarctique.

181. Si la table du cadran solaire formait avec le plan de l'équateur un angle *z* égal à *u* ou bien à 11° 28′ 54″, les deux lignes zodiacales ♋ ♋ et ♊ ♌, situées sur le côté de la table du cadran solaire qui est tourné vers le pôle arctique, seraient des ellipses; la ligne ♉ ♍ serait une parabole, et il n'y aurait pas de lignes du Zodiaque pour les autres signes. Tout cela tient à ce que, dans ce cas, la table du cadran solaire forme, avec la base des cônes d'ombre F*p*G et C*p*E correspondants au Cancer (♋), ou à l'un des signes des Gémeaux (♊) ou du Lion (♌), un angle $z = u$, qui est moindre que l'angle *w*; d'où il suit que ces sections de la table avec ces cônes sont des ellipses. Ensuite, comme $z = u$, la table *h i* rencontre parallèlement à A *p* le cône d'ombre A *p* B, qui correspond au Taureau (♉) et à la Vierge (♍); d'où il suit que cette section est une parabole, et que les cônes d'ombre H *p*K, L*p*M, N*p*Q des signes méridionaux ♓, ♏, ♒, ♑, ne sont pas coupés par la table du cadran solaire, parce que, pour les signes qui leur correspondent, les rayons A *p*, C *p*, F *p*, dardés du Soleil, quand on suppose qu'il se trouve en A, en C, en F, n'éclairent que le côté de la table du cadran solaire qui est tourné vers le pôle antarctique; d'où il résulte qu'il ne peut se trouver

de lignes, pour tous ces signes-là, sur la face septentrionale du cadran solaire.

182. Les rayons du Soleil ayant, par rapport au plan du cadran solaire, lorsqu'il se trouve dans les signes méridionaux ♓, ♏, ♒, ♐, ♑, une position pareille, mais opposée à celle qu'ils ont quand le même astre se trouve dans les signes septentrionaux ♈, ♍, ♉, ♌, ♋, il est clair que pour les signes du Zodiaque qui se trouvent sur la face d'un cadran solaire qui regarde le pôle antarctique, on peut employer la même marche que pour les signes du Zodiaque correspondants aux derniers signes sur la face du cadran solaire qui regarde le pôle arctique.

Quand l'angle que la table du cadran solaire forme avec le plan de l'équateur, tombe entre u et v, ou entre 11° 28' 54" et 20° 10' 6", les lignes du Zodiaque qui se trouvent sur la table d'un cadran solaire tourné vers le pôle arctique sont des hyperboles pour les signes du ♈, de la ♍, des ♓, et du ♏, parce que la table du cadran solaire mn rencontre, sous un angle plus grand que l'angle u, la base des cônes d'ombre ApB et HpK qui correspondent à ces signes. Les lignes du Zodiaque pour les ♉, pour le ♌ et pour le ♋, sont, au contraire, des ellipses, parce que l'angle que la table du cadran solaire forme avec la base des cônes CpE et FpG, est moindre que v et w.

Pour les signes du ♒, du ♐, et du ♑, il n'y a pas de lignes du Zodiaque, parce que la table du cadran solaire ne coupe pas les cônes d'ombre LpM et NpQ. Il en résulte que la table d'un cadran solaire qui serait tournée vers le nord, ne saurait être éclairée pour la position du Soleil dans ces signes.

183. Tout ce qui a eu lieu sur la face d'un cadran solaire tournée vers le pôle arctique, pour les lignes du Zodiaque correspondantes aux signes septentrionaux, a lieu également sur la face du même cadran qui regarde le pôle antarctique, relativement aux lignes du Zodiaque qui correspondent aux signes

TABLEAU

Faisant connaître le nombre des lignes du Z
tournés vers le Pôle antarctique, ainsi
avoir l'angle formé par leurs plans av

ANGLE Que le plan du Cadran solaire forme avec celui DE L'ÉQUATEUR.	LIGNES du ZODIAQUE pour le ♑	LI ZODI I le ♒
90°	Hyperbole.	Hype
De 90° à 23° 27′ 36″.	» »	» .
23° 27′ 36″.	Parabole.	»
De 23° 27′ 36″ à 20° 10′ 6″. .	Ellipse.	»
20° 10′ 6″.	» »	Para
De 20° 10′ 6″ à 11° 28′ 54″. .	» »	Ellip
11° 28′ 54″.	» »	»
De 11° 28′ 54″ à 0°.	» »	»
0°.	Cercle.	Cerc

NOTA. — Les signes » » et ——— ont la m

T

Faisant connaître le nombr ans solaires tournés vers le Pôle a rs que peut avoir l'angle formé pa

ANGLE Que le plan du Cadran solaire forme avec celui DE L'ÉQUATEUR.	LIGNES du ZODIAQUE pour le ♑
90°.	Hyperbole.
De 90° à 23° 21′ 36″. . . .	» »
23° 27′ 36″.	———
De 23° 27′ 36″ à 20° 10′ 6″. .	———
20° 10′ 6″.	———
De 20° 10′ 6″ à 11° 28′ 54″..	———
11° 28′ 54″.	———
De 11° 28′ 54″ à 0°. . . .	———
0°.	———

Nota. — Partout où se t

Partout où se t

méridionaux qui leur sont directement opposés. Cela tient à ce que la table du cadran solaire a la même position, par rapport aux cônes d'ombre septentrionaux et méridionaux.

184. Pour terminer cette discussion, supposons que l'angle formé par la table du cadran solaire avec le plan de l'équateur, tombe entre v et u, c'est-à-dire entre 20° 10' 6" et 23° 27' 41", les lignes zodiacales ♈ ♍, ♉ ♌, et ♓ ♏, ♒ ♐, seront des hyperboles pour la face tournée vers le pôle arctique : la ligne ♋ ♋ du Zodiaque sera au contraire une ellipse. C'est parce que la table du cadran solaire rencontre la base des cônes A p B, C pE, HpK, L pM sous un angle qui est plus grand que les angles u et v, et parce que cet angle est au contraire moindre que l'angle u du cône F p G, qu'il s'ensuit que les sections de la table du cadran solaire avec les premiers cônes seront des hyperboles, et que sa section avec le dernier sera au contraire une ellipse.

Pour le signe du Capricorne (♑), il n'y a pas de lignes du Zodiaque, parce que la table du cadran solaire ne rencontre pas le cône d'ombre N p Q qui correspond au Capricorne. Il en résulte que le Soleil, lors de sa position en ce signe, n'éclaire plus le côté de la table qui est tourné vers le Nord.

Tout ce qui avait lieu pour la face du cadran solaire tournée vers le pôle arctique, relativement aux lignes zodiacales des signes du ♋, des ♉ et du ♌, du ♈ et de la ♍, a lieu également pour la face du cadran qui est tournée vers le pôle antarctique, relativement aux lignes du Zodiaque qui correspondent aux signes du ♑, du ♒ et du ♐, des ♓ et du ♏.

185. Au moyen de ce que nous venons de dire depuis le N° 171, il est facile de former le double tableau ci-contre des lignes zodiacales qui doivent être tracées sur les cadrans solaires dont le style est parallèle à l'axe de la Terre. On y voit quelle doit être la nature ou la forme des sections coniques qui représentent les lignes du Zodiaque, aussitôt qu'on a trouvé l'angle que la table du cadran solaire forme avec le plan de l'équa-

teur. Cet angle résulte de la construction même du cadran solaire, pour les cadrans horizontaux et pour tous les autres cadrans solaires dont la table est directement opposée au Sud; car il est toujours égal à l'angle que forme, avec la méridienne G E du cadran solaire, la ligne CD tirée perpendiculairement au style O C. Pour les cadrans horizontaux (*fig.* 39, 40 et 41), il est égal à CDO. Quand la table du cadran solaire n'est pas tournée droit au midi, le même angle se détermine par une construction particulière dont il sera parlé plus loin.

CADRANS INCLINÉS.

186. Les cadrans inclinés, comme les universels et les horizontaux, sont principalement composés d'un style attaché parallèlement à l'axe de la Terre, sur un plan qui n'est ni perpendiculaire, ni parallèle à l'horizon du lieu. Ce plan, d'ailleurs, ne doit être ni parallèle ni perpendiculaire à celui de l'équateur; car, ainsi que nous l'avons déjà fait observer, le cadran serait alors équinoxial dans le premier cas, et il serait polaire dans le deuxième.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET PRÉLIMINAIRES.

ARTICLE Ier.

DESCRIPTION ET USAGE D'UN INSTRUMENT POUVANT SERVIR A TRACER LA MÉRIDIENNE D'UN PLAN INCLINÉ ET A MESURER L'INCLINAISON DE CETTE DROITE SUR LA MÉRIDIENNE HORIZONTALE CORRESPONDANTE.

187. Toute personne chargée de tracer un cadran solaire sur un plan incliné, doit commencer par y bien établir la direction de sa méridienne. Cette opération, qui pourrait s'effectuer directement, ainsi que nous l'avons fait à l'occasion du cadran horizontal, s'exécute aussi, et même plus aisément, par une méthode de transport, c'est-à-dire, au moyen d'une méridienne horizontale établie dans le voisinage.

Lorsque c'est à cette seconde méthode que l'on a recours, on ne peut rien faire de mieux que de se servir de l'*inclinato-*

rium représenté par la *fig.* 42. Cet instrument remplace avec avantage la règle à boussole dont nous avons déjà parlé : il peut rendre encore d'autres nombreux services aux personnes qui l'appliquent à la construction des cadrans.

C'est un quart de cercle A B, ordinairement en cuivre, divisé en degrés, et aboutissant aux extrémités de deux règles A C, B C, un peu larges, et réciproquement perpendiculaires l'une sur l'autre.

Au centre *c* du quart de cercle est attachée une règle mobile *a c*, pouvant tourner librement autour du point *c*, en entraînant avec elle une boussole *h* (*fig.* 42 et 42-*a*) qui s'y trouve adaptée de manière à reposer d'équerre sur l'un de ses bords.

Un niveau à bulle d'air *ef*, de forme cylindrique, attaché contre la même règle, est disposé de façon à pouvoir tourner autour de son axe : il peut aussi tourner autour de son point central *g*, sans que, pour cela, son axe *fg* cesse de se trouver dans un plan parallèle au plan de la règle.

En *c* se trouve une gaîne au travers de laquelle passe un axe métallique correspondant au milieu de la règle mobile. Cet axe sert à placer le niveau cylindrique dans une position parallèle aux bords supérieur et inférieur de la règle qu'il traverse, lorsque l'instrument est placé dans une position verticale. Le niveau à bulle d'air ainsi arrêté, est ce qui sert alors à bien établir la règle mobile dans une position parfaitement horizontale. L'axe susdit *ca* est d'une construction telle que, pour la position horizontale de l'instrument, la boussole y peut être fixée de façon à se mouvoir et à tourner en même temps que la règle *a c*.

188. Quoique bien souvent le rayon du quart de cercle que nous décrivons ici n'ait que 20 à 22 centimètres (7 pouces 5 lignes à 8 pouces 2 lignes) de longueur, on peut, néanmoins, quand on s'en sert, apprécier les angles, à trois minutes près, ce qui est une approximation plus que suffisante pour toutes les opérations relatives à la construction des cadrans solaires.

189. Pour donner à l'instrument ce degré de précision, on a divisé d'abord en deux parties égales les 90 degrés contenus dans sa périphérie circulaire, ce qui a déjà porté à 180 le nombre des parties égales contenues dans cette périphérie : on a ensuite terminé la règle tournante *ac* par une portion de cercle concentrique à l'axe AB; puis, ayant pris 11 parties de l'arc AB, on en a divisé le total en 10 parties seulement, et l'on en a porté 5, de chaque côté de la ligne médiane de la règle *ac*, sur le petit arc *bd* (*fig.* 42) qui termine cette règle.

Au moyen de cette disposition, si la ligne médiane de la règle *ac* ne coïncidait pas avec l'un des traits qui marquent les demi-degrés de l'arc AB (*fig.* 42), dont DE (*fig.* 42·*b*) représente une partie, il faudrait chercher quel est celui des traits de l'*arc curseur db*, qui coïncide le mieux avec un des traits indicateurs de l'arc DE, afin d'ajouter le nombre des minutes indiquées sur le trait du curseur, au nombre de degrés et demi-degrés (30') indiqués par celui des traits de l'arc DE le plus voisin du milieu du curseur du côté où se trouve le zéro du quart de cercle.

190. Appliquons cette règle à la *fig.* 42·*b*. La médiane *ac* de la règle tournante indique d'abord un arc de 15 degrés 30 minutes; mais comme elle ne coïncide pas exactement avec le trait qui marquerait cette graduation, il faut chercher quel est celui des traits du curseur qui coïncide le mieux avec un des traits du quart de cercle : c'est évidemment ici le trait sur lequel se lit l'indication de 21'; donc il faut ajouter 21 minutes aux 15° 30' déjà indiqués par la médiane. Cette addition faite, on trouve 15° 51 pour la grandeur, à 3' près, de l'arc compris entre le point *a* de la règle tournante et le zéro du quart de cercle.

191. Pour se rendre bien compte de ce degré d'exactitude, rappelons-nous que 11 parties du quart de cercle, ou 330', ne font que 10 parties sur le *nonius* (c'est ainsi qu'on appelle l'arc curseur ou l'échelle *db* qui termine la règle *ac*) : chacune des

parties du nonius vaut donc 33', c'est-à-dire 3' de plus que chacune des parties de l'arc DE. Il suit de là, que si le point *a* du nonius coïncidait juste avec le milieu d'une des divisions du quart de cercle, les points *d* et *b* du nonius coïnciderait exactement avec deux des traits du quart de cercle : c'est pour cela que l'on a marqué 15' sur chacun des traits *b* et *d* du nonius. Dans la même supposition, le trait marqué de 12' sur le nonius se trouvant à 3' au-delà du trait correspondant du quart de cercle, il en résulte que si c'était lui, au lieu du point *d*, qui coïncidât, le point *a* du nonius ne serait plus qu'à 12' au lieu de 15' au-delà du trait précédent du quart de cercle. On démontrerait de même que le nombre des minutes à ajouter à l'indication de la médiane *ca*, serait respectivement de 9, de 6, ou de 3, selon que la coïncidence aurait lieu pour l'un des traits marqués de 9', de 6', ou de 3' sur la première moitié du nonius.

192. Quand la coïncidence a lieu pour l'un des traits de la seconde moitié de cet arc curseur, le nombre des minutes à ajouter à l'indication fournie par la médiane *ac*, est respectivement de 18, de 21, de 24, ou de 27, selon que celui des traits du nonius qui coïncide avec l'un des traits du quart de cercle porte lui-même l'une des indications de 18', 21', 24', ou 27'. En effet, le point *b* coïncidant, d'après notre hypothèse, avec un des traits du quart de cercle, la médiane *ca* du nonius est à 15' au-delà de l'un des traits du quart de cercle, et le trait marqué 18' sur le nonius est à 3' en-deçà du trait le plus voisin du quart de cercle : il suit de là que, pour faire arriver la coïncidence sur le trait du nonius, portant lui-même l'indication de 18', il faudrait avancer de 3' la médiane *ca*, c'est-à-dire qu'il faudrait l'éloigner de 18' du trait précédent du quart de cercle. On démontrerait de même que, pour faire tomber la coïncidence sur les traits du nonius marqués de 21', de 24' et de 27', il faudrait faire avancer la médiane des 6, des 9, ou des 12 minutes, qui, ajoutées aux 15' dont la médiane dépasse déjà le trait pré-

cèdent du quart de cercle, complètent bien exactement les nombres de 21', 24' et 27', portés sur celui des traits du nonius pour lequel on veut que la coïncidence ait lieu.

ARTICLE II.

DÉTERMINATION DE L'ANGLE FORMÉ PAR UNE MÉRIDIENNE INCLINÉE, AVEC LA MÉRIDIENNE HORIZONTALE CORRESPONDANTE.

193. Voulez-vous faire usage de l'*inclinatorium* que nous venons de décrire, pour tracer une méridienne sur un plan incliné, ainsi que pour fixer l'inclinaison de cette méridienne oblique sur la méridienne horizontale correspondante : commencez par placer l'instrument de façon que l'un des bords de la règle AC coïncide avec une méridienne voisine et tracée suivant un des procédés connus. Après cela, redressez-le, en lui donnant une position parfaitement verticale, ce que vous ferez aisément au moyen d'un fil à plomb partant du point B. N'oubliez pas en même temps de donner une position parfaitement horizontale à la règle tournante *ac*, en vous servant, pour cela, de votre niveau à bulle d'air. Tournez alors la boussole jusqu'à ce que l'aiguille aimantée se trouve au-dessus de la ligne nord-sud, et regardez ensuite, si vous le voulez, quelle est la déclinaison de l'aiguille aimantée par rapport au plan de l'*inclinatorium* : ce sera la déclinaison magnétique du lieu, mais vous n'en avez pas besoin.

Contentez-vous donc de transporter maintenant l'*inclinatorium* sur votre plan incliné, et disposez-l'y de façon que la règle AC coïncidant avec sa surface, l'aiguille aimantée de la boussole se trouve de nouveau au-dessus de sa ligne principale ou de sa ligne nord-sud. Faites ensuite tourner doucement la règle mobile AC, jusqu'à ce que le niveau qu'elle entraîne vous indique qu'elle est parfaitement horizontale, et veillez bien, en le

faisant, à ce que l'aiguille aimantée conserve exactement sa position primitive, et à ce que l'*inclinatorium* ne cesse pas d'être bien exactement vertical Un fil à plomb, suspendu en B, vous sera fort utile en ce moment.

Toutes ces conditions remplies de votre part, tracez une droite le long de la règle AC, celle qui repose sur votre plan incliné : ce sera la méridienne de ce plan; car la règle AC se trouvant dans le plan du méridien du lieu où vous êtes, sa section avec le plan incliné destiné au cadran, est nécessairement la méridienne de votre cadran solaire.

En comptant alors tous les degrés que la ligne médiane de la règle *ac*, qui doit être placée horizontalement, détermine alors sur l'arc AB de votre quart de cercle, et en y ajoutant les minutes qui se trouvent écrites sur celui des traits de la division du nonius qui coïncide le mieux avec un des traits du même quart de cercle, vous connaîtrez exactement la mesure de l'angle que la méridienne horizontale forme avec la méridienne inclinée que vous venez de tracer.

194. Arrive-t-il qu'aucun des traits de la division du nonius ne rencontre un trait de la division de l'arc AB? Regardez bien quels sont les deux traits de la division du nonius qui se trouvent les plus voisins de deux traits du quart de cercle, et cherchez combien la distance du premier trait du nonius au trait de l'arc AB, qui se trouve le plus voisin de lui, est contenue de fois dans la distance de l'autre trait du nonius au trait de l'arc qui se trouve le plus voisin de lui; ce quotient, augmenté de 1 et divisé ensuite par 3, donne le nombre des minutes que vous avez à soustraire du nombre des minutes marqué par le trait du nonius qui se trouve le plus voisin d'un des traits de l'arc AB. Si ce trait du nonius, lorsque l'on part du zéro de l'arc AB, tombait en-deçà du trait de l'arc qui se trouve le plus voisin de lui, ce serait une addition, et non plus une soustraction, qu'il faudrait effectuer.

195. Quand on a tracé ainsi la méridienne d'un plan in-

cliné, sous une latitude géographique quelconque, et qu'on a mesuré, comme nous venons de le dire, l'angle qu'elle fait avec la méridienne horizontale correspondante, il ne reste plus qu'à mesurer, en se servant du même instrument, l'angle que la méridienne horizontale forme avec ce que l'on appelle en géométrie la trace horizontale du plan (1). C'est en effet de la valeur particulière de chacun de ces deux angles que dépendent les positions différentes des plans inclinés, relativement à l'horizon d'abord, et relativement ensuite aux quatre régions cardinales du Monde.

Il en résulte que, par leur moyen, ainsi que nous ne tarderons pas à le voir, on pourra toujours déterminer, sur le plan d'un cadran incliné, la ligne importante que nous avons toujours désignée par H H', c'est-à-dire, la ligne d'intersection du plan du cadran à construire avec le plan du cadran universel, que, pour les explications postérieures, on est obligé de se figurer convenablement orienté sur l'axe même du cadran solaire qu'on vient d'établir.

Connaissant l'angle que la droite H H' fait avec la méridienne du cadran incliné, rien ne sera facile comme de trouver l'angle que la même droite fait avec la méridienne équinoxiale du cadran universel explicatif.

On trouvera encore, non moins aisément, l'angle, ordinairement différent, que le style commun forme avec la table de chacun des plans des deux cadrans superposés.

Nous avons fait les observations qui précèdent, parce que c'est de la valeur comparative des quatre différents angles dont nous venons de parler, que dépendent toutes les opérations graphiques ou numériques sur lesquelles reposeront les principes fondamentaux qui nous serviront lors de l'établissement de tous nos cadrans solaires inclinés.

(1) On appelle ainsi l'intersection réelle ou supposée d'un plan incliné avec un plan de niveau quelconque faisant les fonctions d'horizon.

Occupons-nous donc de trouver la valeur du second des deux angles qu'il nous est indispensable de bien connaître, avant de penser à aucune espèce de construction définitive.

ARTICLE III.

DÉTERMINATION DE LA DÉCLINAISON D'UN PLAN ET CLASSIFICATION GÉNÉRALE DES CADRANS INCLINÉS.

196. L'angle que la méridienne d'un lieu forme avec la trace horizontale d'un plan, celui dont nous venons de parler en dernier lieu, et qui sert de mesure à la déclinaison des plans qui déclinent, est un peu plus difficile à évaluer que l'inclinaison des deux méridiennes.

Pour le trouver, disposez la boussole de l'*inclinatorium*, de façon que son axe se trouve à l'aplomb de la ligne médiane tracée sur la règle *ac*, si toutefois la déclinaison de l'aiguille aimantée indique la direction de la ligne nord-sud comme étant celle de la vraie méridienne du lieu : dans le cas contraire, ayez égard à la déclinaison magnétique. Tournez ensuite le niveau autour de son axe, de manière que sa bulle d'air ne se meuve plus dirigée parallèlement aux bords de la règle *ac*, mais bien parallèlement à la surface de son plan.

Cela fait, posez l'instrument de façon que l'une des lignes AC ou BC se trouve sur le plan incliné, donnez-lui une position parfaitement horizontale, en tournant convenablement le niveau autour de l'axe *f*, et faites manœuvrer ensuite la règle *ac* jusqu'à ce que l'aiguille aimantée de la boussole se trouve d'aplomb au-dessus de la déclinaison magnétique observée.

Alors, l'angle que la règle forme avec le bord du quart de cercle, ou celui que la médiane détermine sur l'arc AB, mesuré à partir du bord placé sur le plan, est celui que forment, avec la méridienne horizontale du lieu, les génératrices horizontales du plan incliné : c'est la déclinaison de ce plan.

197. L'angle qu'on vient de trouver est-il de 90 degrés : on dit alors de la surface du plan incliné, qu'elle regarde le sud quand elle est tournée vers la pointe nord de l'aiguille aimantée : on dit au contraire, de la même surface, qu'elle regarde le nord quand elle est tournée vers la pointe sud de la même aiguille.

Le même angle est-il, au contraire, égal à zéro : on dit alors que la surface du plan regarde l'est ou l'ouest, selon qu'elle est elle-même tournée ou vers l'ouest, ou vers l'est indiqué par la boussole.

Les plans qui se trouvent dans les deux cas ci-dessus, sont dits n'avoir pas de déclinaison. Il n'en serait pas de même si l'angle mesuré tombait entre zéro et 90 degrés ; et il faudrait alors distinguer quatre cas :

Le premier cas est celui où la surface du plan est tournée vers la région nord-ouest de la boussole. On dit alors du plan, qu'il regarde le sud-est.

Le second cas est celui où la surface du plan est tournée vers la région sud-ouest de la boussole. On dit alors du plan, qu'il regarde le nord-est.

Le troisième cas est celui où la surface du plan est tournée vers la région nord-est de la boussole. On dit alors du plan, qu'il regarde le sud-ouest.

Le quatrième cas, enfin, est celui où la surface du plan est tournée vers la région sud-ouest de la boussole. On dit alors du plan, qu'il regarde le nord-est.

Tout ce que nous venons de dire suppose que l'on se trouve sous une latitude septentrionale : n'oubliez donc pas que le contraire a précisément lieu pour tous les pays situés dans l'hémisphère méridional. Cela tient à ce que le sud est précisément, pour des latitudes méridionales, ce qu'est le nord pour des latitudes septentrionales, etc.

198. De ces huit différentes espèces de position, que peuvent avoir les plans inclinés, résultera non-seulement la divi-

sion, mais aussi la désignation caractéristique des cadrans de cette classe. Nous y distinguerons deux grandes espèces de cadrans inclinés, que nous appellerons, les uns, *cadrans simplement inclinés;* les autres, *cadrans inclinés avec déclinaison.*

Les deux sortes de cadrans solaires ayant leurs plans perpendiculaires au plan du méridien, et les deux sortes qui l'entrecoupent suivant la méridienne horizontale du lieu, seront donc pour nous des cadrans de la première espèce, ou des cadrans simplement inclinés. Leurs tables, à tous, sont toujours exactement tournées vers l'une des régions cardinales du Ciel.

Les quatre autres sortes de cadrans inclinés appartiendront à la seconde espèce ou section : leurs plans sont à la fois inclinés et déclinants; aussi les appelle-t-on quelquefois *cadrans déinclinés.*

PREMIÈRE SECTION.

CADRANS SIMPLEMENT INCLINÉS.

199. Nous distinguerons, avons-nous dit, quatre sortes de cadrans simplement inclinés, savoir: les cadrans méridionaux, les occidentaux, les septentrionaux et les orientaux; autrement dit, les cadrans inclinés du Midi, de l'Occident, du Septentrion et de l'Orient.

CHAPITRE PREMIER.

CADRANS INCLINÉS DU MIDI.

ARTICLE Ier.

DÉTERMINATION DES LIGNES HORAIRES. — NUMÉROTAGE DES HEURES. — LIGNES DU ZODIAQUE.

200. Pour construire un cadran incliné de cette première sorte, commencez par tracer votre méridienne sur le côté de

la table inclinée qui est exactement tourné vers le midi; mesurez ensuite l'angle que cette méridienne inclinée fait avec la méridienne horizontale, et prenez note de sa valeur. Pour fixer les idées, nous la supposerons ici de 30 degrés. Cherchez enfin la valeur de l'angle P O D (*fig.* 43) que votre style, ou bien l'axe de la Terre, doit faire avec la méridienne inclinée G E.

201. Pour trouver la valeur de cet angle, il est bon de savoir qu'il est toujours égal à la latitude du lieu diminuée de l'inclinaison des deux méridiennes, pour tous les parallèles terrestres où cette latitude est plus grande que l'inclinaison mesurée. Si le contraire avait lieu, c'est-à-dire, si l'inclinaison susdite était plus grande que la latitude du lieu, ce serait l'inclinaison des méridiennes qu'il faudrait diminuer de la latitude du lieu.

202. Pour se rendre bien compte de ce que nous venons de dire, reportons-nous un moment à la figure 13, et supposons toujours que P S est l'axe de la Terre, A Q l'équateur, et R H l'horizon commun des points Z et N.

Dans ce cas, si la droite E G représente le plan incliné dont on s'occupe, on aura évidemment, pour la latitude septentrionale Z, l'angle P C E = P C R — E C R. Mais P C E est précisément l'angle que l'axe de la Terre forme avec le plan du cadran; P C R est l'angle qui mesure à la fois la hauteur du pôle et la latitude du lieu; E C R est l'inclinaison mesurée des deux méridiennes : donc, dans ce cas, il est vrai de dire, comme nous l'avons affirmé, que l'inclinaison du style sur le cadran est égale à la latitude du lieu diminuée de l'inclinaison des deux méridiennes. Pour le point N on aurait de même l'angle S C G (inclinaison du style sur le cadran) = S C H (hauteur du pôle ou latitude du lieu) — G C H (inclinaison mutuelle des deux méridiennes).

Pour un plan incliné, tel que E' G', on aurait au contraire, relativement à Z, l'angle P C E' = E' C R — P C R, et relativement à N, l'angle S C G' = G' C H — S C H; c'est-à-dire que,

dans le cas où la latitude est moindre que l'inclinaison des méridiennes, c'est en ôtant la latitude du lieu de l'inclinaison mesurée qu'on obtient l'angle POD (*fig.* 43) que le style du cadran doit faire avec sa méridienne inclinée GE.

203. L'angle POD ayant été déterminé comme nous venons de le dire ci-dessus, construisez-le bien exactement, sur votre méridienne inclinée, en un point quelconque O de cette droite; et en le traçant, n'oubliez pas d'en tourner l'ouverture du côté du nord, si toutefois la latitude du lieu l'emporte sur l'inclinaison de votre méridienne; car, si le contraire avait lieu, il faudrait donner à l'ouverture de votre angle une direction diamétralement opposée.

204. Quoi qu'il en soit de la direction de l'angle POD (*fig.* 43) d'un point C pris à volonté sur le côté OP de cet angle, tirez une droite CD perpendiculairement à la ligne OC; marquez son point de section D avec la méridienne GE, et, par ce point D, menez une ligne DH qui soit perpendiculaire à cette méridienne : ce sera l'équinoxiale du cadran.

Cela fait, prenez sur GE une longueur DE qui soit égale à DC, et, du point E comme centre, avec une ouverture de compas égale à DE, décrivez un quart de cercle DF que vous diviserez avec soin en six parties égales, aux points 11, 10, 9, 8 et 7.

Par le point E et par tous les points 11, 10, 9.... faites passer des droites E·11·*a*, E·10·*b*, E·9·*c*, etc., qui, en rencontrant la ligne DH, détermineront sur cette transversale les points *a*, *b*, *c*, *d*, *e* : il ne vous restera plus qu'à joindre le point O avec chacun de ces points, pour déterminer les lignes O*a*·XI, O*b*·X, O*c*·IX, etc., qui seront vos lignes de 11, de 10, de 9.... et de 7 heures.

Pour avoir la ligne de six heures, il suffit de mener par le point O la droite VI·O·VI perpendiculairement à la méridienne GE.

Quant aux heures qui se trouvent entre midi et six heures

du soir, on les obtient aisément en dessinant, à partir du point O, au moyen d'un arc de cercle, de l'autre côté de la méridienne, et dans une position parfaitement symétrique à celle des heures de la matinée, un nombre pareil de lignes droites O·I, O·II, O·III, O·IV et O·V.

Les lignes d'heures correspondantes au temps qui s'écoule entre minuit et six heures du matin, sont les prolongements des lignes horaires de l'après-midi. Celles qui correspondent au temps qui s'écoule entre six heures du soir et minuit, sont de même les prolongements des lignes horaires de la matinée.

205. *Première observation.* — Que l'on compare la construction que nous venons d'indiquer ci-dessus avec celle que nous avons indiquée à propos de l'établissement d'un cadran horizontal, et l'on reconnaîtra aisément que les deux systèmes d'opération ne diffèrent l'un de l'autre que par la valeur qu'il faut donner à l'angle POD. Il suit de là, qu'à bien prendre, le cadran solaire méridional incliné de la figure 43 peut être regardé comme un véritable cadran horizontal qui aurait été construit pour une latitude égale à l'angle POD, dont nous avons indiqué plus haut la véritable grandeur.

Deuxième observation. — Il résulte de l'observation précédente, que la seconde partie de la construction des cadrans méridionaux inclinés, c'est-à-dire, la détermination de ses lignes accessoires, doit encore être semblable en tout à la construction de la même seconde partie sur les cadrans horizontaux. On peut s'en convaincre d'ailleurs fort aisément, en comparant les figures 43 et 43·*a* aux figures 29 et 29·*a* : sur toutes ces figures les points et les lignes marqués par des lettres pareilles ont exactement la même signification.

206. *Numérotage des heures.* — Pour ne pas se tromper dans le numérotage des heures, il faut suivre encore ici le même ordre que pour les cadrans horizontaux; c'est-à-dire que les heures de la matinée doivent se trouver au couchant de la méridienne, tandis que les heures de l'après-midi doivent

être du côté opposé de la même droite : l'indication de minuit étant d'ailleurs diamétralement opposée à celle de midi.

207. *Lignes du Zodiaque.* — Les lignes du Zodiaque et l'angle CDO que la table du cadran solaire forme avec le plan de l'équateur, se trouvent de la même manière que pour la figure 29.

Ces lignes du Zodiaque sont toutes des hyperboles pour le présent exemple, car l'angle CDO égalant 90 degrés moins l'angle COD, et ce dernier étant lui-même égal à la latitude 51° 3' 17", diminuée des 30 degrés qui représentent l'inclinaison supposée des méridiennes, on a évidemment l'angle COD égal à 21° 3' 17", et par suite CDO = 90° — (21° 3' 17") ou 68° 56' 46".

ARTICLE II.

OBSERVATIONS DIVERSES

208. *Première observation.* — L'échelle de l'illumination du cadran solaire représenté par la figure 43, a été tracée sur cette figure au moyen de la figure 43·*a*, de la même manière que l'échelle de la figure 29 avait été construite au moyen de la figure 29·*a*.

Il est bon de savoir que l'échelle de la figure 43 indique bien ce que l'on appelle le lever et le coucher du Soleil pour la table du cadran solaire, mais qu'elle ne marque que jusqu'à un certain point la durée de son illumination ; car cette durée dépend non-seulement de l'inclinaison de la table du cadran, mais encore de la latitude géographique du lieu et de la longueur des jours relativement à cette latitude, longueur qu'il est nécessaire de fixer par le moyen de l'échelle de l'illumination du cadran horizontal correspondant.

Il résulte, en effet, de cette comparaison, pour le cas dont nous nous occupons ici, que, d'après l'échelle du cadran incliné, les heures trouvées pour le lever et pour le coucher, depuis le

♈ jusqu'au ♋, et depuis le ♋ jusqu'à la ♎, indiquent exactement la durée de l'illumination du cadran solaire, c'est-à-dire le temps qui s'écoule depuis le moment où le Soleil fait en réalité son apparition sur le plan du cadran solaire, jusqu'au moment où il l'abandonne entièrement. Il n'en est malheureusement pas ainsi pendant la seconde moitié de l'année. Cela tient à ce que le Soleil, quand il se trouve dans les autres signes du Zodiaque, arrive plus tard le matin sur l'horizon du lieu que sur ce que l'on appelle l'horizon du cadran solaire. Il cesse aussi plus tôt le soir d'éclairer l'horizon du lieu que celui du cadran. Il peut donc arriver au Soleil de paraître éclairer le cadran, et de ne pas être encore levé, ou d'être déjà couché, pour l'horizon du lieu.

Quand le Soleil se trouve dans les signes des ♓ ou du ♏, l'illumination réelle, pour la latitude que suppose la figure 43, commence, comme cela se fait voir en figure 29 (1), à $6^h\ 58^m$ du matin, et elle finit à $5^h\ 2^m$ de l'après-midi ; tandis que l'arrivée fictive du Soleil sur la table du cadran solaire représenté par la figure 43, ou le commencement de l'illumination apparente de cette table, correspond à $6^h\ 16^m$, c'est-à-dire 42^m plus tôt que le lever du Soleil. La disparition fictive du Soleil de dessus la table du cadran solaire a lieu à $5^h\ 44^m$, c'est-à-dire 42^m plus tard que le coucher véritable du même astre.

On voit, par ce que nous venons de dire, que les apparitions du Soleil indiquées par l'échelle pour la table du cadran solaire de la figure ne sont pas exactes pour toutes les latitudes septentrionales, relativement aux signes compris entre la ♎ et le ♑, aussi bien qu'entre le ♑ et le ♈. On voit aussi que la durée de l'illumination du cadran solaire doit être réglée, pendant tout ce temps, d'après l'échelle d'un cadran horizontal qui serait construit pour la latitude du lieu.

209. Le Soleil se trouve-t-il dans les signes méridionaux

(1) Cette figure représente un cadran horizontal construit pour la même latitude que le cadran incliné représenté par la figure 43.

du Zodiaque, il arrive alors, pour les latitudes septentrionales, ce que nous avons dit avoir lieu pour les autres latitudes, quand le même astre se trouve dans les signes septentrionaux, et réciproquement. Cela tient à ce que le Soleil se lève, pour les premières latitudes, quand il se couche pour les dernières, et à ce que l'illumination dure le plus longtemps pour celles-ci, quand elle dure le moins longtemps pour celles-là.

210. Aussitôt qu'on a dessiné, comme nous venons de le dire, un cadran solaire incliné avec ses lignes du Zodiaque et son échelle d'illumination, on attache le style à la table, au point O, en ayant bien soin qu'il forme, avec la méridienne inclinée, un angle égal à l'angle COD; à ce que son extrémité P soit tournée vers le nord, et à ce que sa méridienne soit bien orientée dans le plan vertical du méridien.

La longueur qu'il faut donner à la tige OP se détermine d'ailleurs de la manière que nous avons indiquée déjà à propos de la figure 29. Il en est de même relativement au point *p*, celui qui est censé décrire les lignes du Zodiaque.

211. Si l'angle de l'inclinaison des méridiennes était plus grand que la latitude du lieu, la construction du cadran méridional incliné se trouverait encore identique avec celle d'un cadran horizontal; mais ce cadran horizontal devrait être construit pour une élévation du pôle, égale à l'angle de l'inclinaison diminuée de la latitude du lieu pour lequel se construit le cadran solaire méridional incliné.

212. *Deuxième observation.* — Tout cadran simplement incliné de la première sorte est évidemment tourné vers le pôle antarctique, quand il est destiné pour des latitudes septentrionales. Il suit de là qu'il correspond à un cadran horizontal construit pour une latitude méridionale. Quand un cadran méridional est au contraire destiné pour une latitude méridionale, il est tourné vers le pôle arctique, et il correspond alors à un cadran horizontal construit pour une latitude septentrionale.

Ce que nous venons de dire s'explique fort aisément au

moyen de la figure 13, sur laquelle nous supposerons que la ligne E'G' représente la table du cadran solaire incliné. On y voit en effet que, pour une latitude septentrionale Z, la face du cadran dirigée vers H ou vers le midi est tournée vers le pôle antarctique S, tandis que pour une latitude méridionale N, la face dirigée vers le même point H est tournée vers le pôle arctique P.

Si donc un cadran méridional regardait le pôle arctique au lieu de regarder le pôle antarctique, il faudrait encore opérer comme nous l'avons dit à propos de la figure 43, en ayant soin toutefois de tourner l'ouverture de l'angle P O D dans une direction tout-à-fait contraire. De cette manière, on arriverait au même résultat, seulement la ligne de midi y prendrait la place de celle de minuit, et réciproquement.

Il résulte de l'observation précédente que la construction d'un cadran méridional, regardant le pôle arctique, diffère seulement de la construction indiquée pour ceux qui regardent le pôle opposé, en ce que, pour eux, l'angle C O D ou P O D, que l'axe de la Terre ou le style forme avec la méridienne inclinée G E, doit avoir son ouverture tournée du côté opposé à celui qu'elle regarde sur la figure 43.

213. *Troisième observation.* — Les opérations que nous venons d'indiquer, et tout ce que nous venons de dire jusqu'à présent, s'appliquent uniquement aux cadrans *solaires supérieurs*, à ceux qui sont tracés sur des surfaces qui sont tournées vers le zénith. Si le cadran à construire était un *cadran inférieur*, c'est-à-dire un cadran tracé sur une surface tournée du côté du nadir, l'angle C O D serait égal à celui de l'inclinaison mesurée, augmenté de la latitude, et son ouverture serait tournée du côté du nord. Il faudrait donc faire l'angle P O D égal à celui de l'inclinaison, augmenté de la hauteur du pôle, et le dessiner de façon que son ouverture soit tournée du côté du nord. Le reste de la construction du cadran solaire se ferait d'ailleurs de la même manière que pour le cas précédent; c'est-à-dire

qu'on répéterait, à la partie méridionale de la méridienne, une construction pareille à celle qui a été faite à la partie septentrionale de la figure 43.

Relativement aux chiffres qui font connaître les heures, l'indication de midi doit se mettre à l'extrémité de la méridienne qui est tournée vers le sud; les heures de la matinée doivent se trouver à l'occident de la méridienne; celles de la soirée doivent se trouver du côté opposé, et doivent s'écrire, à partir de midi, dans un ordre exactement pareil à celui que nous avons suivi nous-même pour la figure 43.

La construction des lignes du Zodiaque est aussi la même, à cette seule différence près, que, pour des latitudes septentrionales, celle des lignes du Zodiaque qui se trouve la plus voisine du point O, est celle du ♑, tandis que, pour des latitudes méridionales, c'est au contraire le rayon correspondant au signe du ♋ qui se trouve dans le même cas. Il suit de là que, pour les latitudes méridionales, l'analème de la figure 43·*a* doit être dessiné dans une position opposée.

Cela tient à ce que, sous des latitudes septentrionales, et pour des tables tournées vers le pôle antarctique, un style attaché à ces tables, et dirigé vers le même pôle, projette ses ombres les plus courtes quand le Soleil se trouve au ♑. La même chose a lieu, relativement au signe opposé, pour les ombres du style sur les tables qui appartiennent à des latitudes septentrionales et qui sont tournées vers le pôle arctique.

La fin des opérations s'effectue encore ici exactement de la même manière qu'elle l'a été pour le premier cas, qui correspond aux figures 43 et 43·*a*.

Ayant achevé de dessiner toutes les lignes d'un cadran solaire méridional inférieur, on s'occupe de son style dont la longueur se fixe de la même manière que pour les figures 29 et 43. On attache ce style en O, de manière qu'il fasse, avec la méridienne inclinée, un angle POD qui soit égal à l'angle de l'inclinaison diminué de la latitude du lieu, et l'on a bien soin

qu'il se trouve parfaitement dans le plan vertical de la méridienne, et que sa pointe ou son extrémité P soit dirigée du côté du sud.

CHAPITRE II.

CADRANS INCLINÉS ORIENTAUX ET OCCIDENTAUX.

ARTICLE Ier.

CONSTRUCTION DES LIGNES PRINCIPALES.

214. Les cadrans inclinés de ces deux espèces se dessinent, à fort peu de chose près, de la même manière : nous supposerons donc, pour fixer les idées, que le cadran incliné qu'il s'agit de construire est destiné à une latitude pareille à celle de l'exemple qui précède, et que sa table est exactement tournée vers l'orient.

Cela convenu, commencez par tracer, comme précédemment, une méridienne GD' (*fig.* 44) sur votre plan incliné : l'angle formé par cette droite avec la méridienne horizontale correspondante est évidemment égal à zéro; car les deux méridiennes se confondent. Nous ne pouvons donc pas déterminer la position du plan du cadran par rapport à celui de l'équateur, en suivant ici la marche précédemment indiquée dans une circonstance semblable.

Pour atteindre autrement le même but, tirez sur votre plan incliné une droite qui soit perpendiculaire à la méridienne GD', et mesurez l'angle que cette droite forme avec une autre perpendiculaire menée horizontalement par le même point de la méridienne GD' : ce sera lui qui mesurera, par rapport à l'horizon, l'inclinaison du plan ou de la table du cadran solaire. Nous supposerons cet angle égal à 50 degrés.

Cette dernière opération s'exécute au moyen de l'*inclinatorium* et en suivant une marche semblable à celle que nous avons indiquée plus haut.

Connaissant l'inclinaison du plan du cadran ainsi que la latitude du lieu ; sachant de plus, comme nous l'avons dit, que la méridienne du cadran solaire, et la méridienne horizontale qui lui correspond forment ensemble un angle égal à zéro, rien n'est plus facile que de déterminer quelle doit être (*fig.* 44), relativement à la méridienne équinoxiale DE et relativement aussi à la méridienne GD' du plan incliné, la véritable position de la droite HH' qui représente l'intersection du plan incliné avec celui de l'équateur céleste.

215. Pour arriver à cette détermination, élément indispensable des opérations subséquentes, tirez d'abord une droite CB (*fig.* 43·*a*), et, par un point quelconque C, pris sur cette droite, menez une autre droite CE, de façon que l'angle ECB soit précisément égal à l'élévation de l'équateur sur l'horizon du lieu: cet angle, complément de la latitude, égale ici 90°— (51° 3' 17") ou 38° 56' 43". Par un autre point O, pris encore à volonté sur la droite CB, tirez ensuite une autre droite OE, qui soit perpendiculaire sur CB, et faites, au point O, sur la droite OE, un angle HOE qui soit égal au supplément de l'inclinaison mesurée précédemmcnt.

Cela fait, par le point E, sur OE, menez une perpendiculaire EH, et prolongez-la jusqu'à la rencontre de la droite OH: vous obtiendrez ainsi le point H.

Par le même point E, menez encore une autre ligne EH" qui soit, elle, perpendiculaire sur CE, et donnez-lui une longueur EH" précisément égale à EH.

Alors, si vous tirez la droite CH", l'angle ECH", que vous aurez déterminé par toutes les opérations précédentes, sera l'inclinaison de la ligne DE (*fig.* 44), par rapport à l'équinoxiale HH' qui est l'intersection du cadran universel explicatif avec

le plan du cadran solaire incliné. Cet angle E C H", dans l'exemple qui nous occupe, est égal à 27° 49'.

216. *Pour le trouver par le calcul*, multipliez le sinus de l'élévation de l'équateur par la tangente du complément de l'inclinaison du plan, et divisez le produit par le rayon : le quotient sera la tangente de l'angle cherché, c'est-à-dire de l'angle E C H" (*fig.* 44-*a*), et par conséquent aussi l'angle E D H' (*fig.* 44).

Opérations par logarithmes.

Le logarithme du sinus de l'élévation de l'équateur, c'est-à-dire, celui de 38° 56' 43", est ici.	9,79851
L'inclinaison étant supposée de 50°, le logarithme de la tangente du complément de cette inclinaison est.	9,92381
Somme . . .	19,72232
Le logarithme du rayon est.	10,00000
Reste . . .	9,72232

Ce logarithme cherché parmi ceux des tangentes, correspond à l'angle de 27° 49' : telle est donc, comme nous l'avions annoncé, l'inclinaison de la ligne D E (*fig.* 44) sur l'équinoxiale H H'.

217. En construisant le triangle C H' O (*fig.* 44-*a*), au moyen des trois côtés C H', O H' et C O, dont les deux premiers doivent être respectivement égaux aux lignes C H" et O H précédemment déterminées, ce triangle sera rectangle en O, et l'angle H' C O sera celui que la méridienne G D' ou G D du plan incliné forme avec la transversale H H'. Dans l'exemple qui nous occupe, cet angle est égal à 46° 40'.

218. *Pour le trouver par le calcul*, multipliez le rayon des tables par la tangente de l'élévation de l'équateur, et divisez le

produit par le sinus de l'inclinaison du plan : le quotient sera la tangente de l'angle cherché, c'est-à-dire de l'angle H'CO (*fig.* 44·*a*) et par conséquent aussi de son égal O D H' (*fig.* 44).

Opérations par logarithmes.

Le logarithme du rayon des Tables est. . .	10,00000
Celui de la tangente de l'élévation de l'équateur, c'est-à-dire celui de la tangente de l'angle, de 38° 56' 43", est.	9,90952
Somme. . .	19,90952
Le logarithme du sinus de l'inclinaison du plan, c'est-à-dire, celui de l'angle de 50°, est.	9,88425
Reste. . .	10,02527

Ce logarithme cherché parmi ceux des tangentes correspond à l'angle de 46° 40'. Telle est donc, comme nous l'avons annoncé, l'inclinaison de la méridienne inclinée sur la transversale H H'.

219. Ce deuxième angle étant trouvé, par un point quelconque O (*fig.* 44) de la méridienne G D' de votre plan incliné, tirez une droite OP, de façon que l'angle P O D' soit égal à celui que le style OP, ou l'axe de la Terre, doit faire avec la méridienne inclinée G D'.

L'angle dont nous parlons ici doit être précisément égal à 51° 3' 17", puisque dans les cadrans inclinés il est égal à la différence qui existe entre la latitude du lieu et l'inclinaison de la méridienne du cadran sur la méridienne horizontale correspondante, inclinaison qui est nulle dans l'exemple qui nous occupe.

En dessinant l'angle P O D', si la face du plan que l'on considère est celle qui regarde le Ciel, il faut avoir bien soin que

l'ouverture de l'angle soit tournée du côté du sud : si l'on considérait l'autre face, celle qui regarde la Terre, ce serait en sens contraire que l'angle P O D' devrait être dessiné.

220. Cette opération principale terminée, prenez à volonté un point C, sur le côté O C de l'angle que vous venez de faire ; par ce point, menez sur cette ligne O C la perpendiculaire C D, et, par le point D, où cette droite rencontre la méridienne G D', tirez une droite D H, de façon que l'angle O D H' de la *fig.* 44 soit égal à l'angle O C H' de la *fig.* 44·*a*, et que l'ouverture de cet angle soit tournée vers l'occident.

C'est, d'ailleurs, aussi à l'occident de la méridienne G D que l'angle O D H' doit être construit, quand la face du cadran que l'on considère est celle qui regarde le Ciel ou le zénith : ce serait au contraire à l'orient de la même droite qu'on le devrait tracer, si l'on considérait le côté du plan incliné qui est tourné vers la Terre, ou qui regarde le nadir.

L'observation que nous venons de faire s'applique à tous les cadrans orientaux, qu'ils soient destinés à des latitudes septentrionales ou bien à des latitudes méridionales.

221. Continuant votre opération, au point D de la ligne H D H', faites un angle H' D E qui soit égal à l'angle E C H'' de la *fig.* 44·*a*, en ayant soin d'en tourner encore l'ouverture du côté de l'occident : vous aurez aussi la ligne E D qui sera ce que vous pourrez appeler votre méridienne équinoxiale rabattue, en même temps que la droite H D H' sera l'intersection du cadran universel auxiliaire avec le plan du cadran incliné.

Ces directions connues, prenez une longueur D E précisément égale à C D ; du point E, ainsi trouvé, comme centre, avec un rayon égal à E D, décrivez une circonférence de cercle, et divisez-la, à partir du point D, en 24 parties égales, par 24 rayons E·1, E·2, E·3, etc., qui, par leurs rencontres avec la droite H H', détermineront un certain nombre de points *a*, *b*, *c*, etc. Joignez enfin le point O avec ces différents points par autant de lignes droites, O·I·*a*, O *b*·XI, O *c*·X : ces lignes

seront autant de lignes horaires de votre cadran solaire oriental incliné. Si ensuite vous les prolongez toutes de l'autre côté du point O, vous en déterminerez autant d'autres qui correspondront aux heures opposées.

Quant aux lignes marquant les subdivisions des différentes heures que vous désireriez tracer sur votre cadran, il vous faudra, pour les avoir, suivre exactement la marche que nous avons déjà prescrite, dans le même cas, lorsqu'il s'agissait d'un cadran horizontal.

Plus tard, lorsque nous parlerons de l'échelle de l'illumination du cadran, nous ferons connaître quelles sont les lignes horaires qu'il est nécessaire de tracer relativement à la latitude de 51° 3' 17" pour laquelle le cadran est destiné, et nous indiquerons en même temps quelles seraient celles des lignes d'heures extrêmes qui correspondraient à toute autre latitude donnée.

222. En écrivant les chiffres qui font connaître les heures indiquées par les différentes lignes trouvées, il faut tenir compte de la région du Ciel que regarde la face du plan incliné que l'on considère comme servant de table au cadran.

Si c'est la face qui est tournée vers le zénith sur lequel on a tracé le cadran, la ligne de midi doit occuper la place où se trouve ordinairement celle de minuit sur la méridienne; les lignes horaires du soir doivent être à l'orient de la méridienne, et celles du matin, du côté opposé, ou à l'occident de la même droite.

Si c'était au contraire vers le nadir que fût tournée la surface du cadran, les lignes horaires de la matinée se devraient écrire aux extrémités des droites qui sont tournées vers le midi et du côté de l'occident. Leur numérotage s'effectue en partant de ce principe, que la première d'entre elles est celle que représente la ligne horaire la plus voisine de la partie de la méridienne située au midi du point O.

Pour ce cas, à l'exception des pôles, il ne faut marquer ni la ligne de midi ni les lignes horaires du soir, parce que le Soleil n'éclaire le cadran que pendant la matinée.

ARTICLE II.

LIGNES ZODIACALES ET AUTRES ACCESSOIRES.

223. *Lignes du Zodiaque.* — La détermination des lignes du Zodiaque de la figure 44 repose entièrement sur la construction de la figure 44·*b*, qui, dans ses principaux détails, diffère fort peu des figures analogues, qui nous ont servi à tracer les lignes zodiacales sur les cadrans solaires dont nous nous sommes occupé jusqu'à présent. Voici, du reste, comment vous pourrez vous-même obtenir cette figure auxiliaire.

Commencez par prendre, sur une droite indéfinie, une longueur OC (*fig.* 44·*b*) précisément égale à la ligne OC de la figure 44 ; puis, par le point C, tirez une ligne CD qui soit perpendiculaire à la ligne OC : alors, cette ligne CO représentant le style du cadran, la droite CD sera le plan de l'équateur. Si donc, en partant de C (*fig.* 44·*b*), vous portez sur CD les distances E*a*, E*b*, E*c*, E*d* de la figure 44, vous obtiendrez les points *a*, *b*, *c*, *d* de la figure 44·*b*, et vous connaîtrez ainsi la position que prennent, à l'égard du style OC, les différentes lignes horaires O·1, O·2, O·3, O·4, etc., de votre figure auxiliaire.

Prenez ensuite, entre le point O et le point C, un point quelconque *p*; regardez-le comme le point générateur des arcs zodiacaux, et dessinez-y, comme à l'ordinaire, votre analème, en ayant soin, quand le cadran est destiné à une latitude septentrionale, que ce soit la ligne *p* ♋ si le cadran regarde le zénith, et la ligne *p* ♑ s'il regarde le nadir, qui se dirige en descendant vers le point O. Le contraire devrait avoir lieu si le cadran était destiné à quelque latitude méridio-

nale. Dans les deux cas, la ligne $p\,\Upsilon$ de l'analème doit être exactement perpendiculaire à la droite CO.

Les points de rencontre a', b', c', d'...., a'', b'', c''....; etc., que les rayons des signes déterminent avec les différentes lignes d'heures, vous donneront alors les diverses distances Oa', Ob', Oc',...., Oa'', Ob'', Oc''...., Oa''', Ob''', OC'''..., etc., qui, transportées de la figure 44·*b* sur la figure 44, vous serviront à tracer sur cette dernière figure les lignes zodiacales, auxquelles il vous sera facile de placer convenablement leurs signes indicateurs, au moyen de la figure 44·*b*.

224. Il s'agit maintenant de savoir quelle est la nature des lignes du Zodiaque que l'on vient de tracer, et d'en examiner la justesse; mais comme cela ne peut se faire que quand on connaît l'angle que le plan de l'équateur forme avec le plan du cadran solaire, c'est de la recherche de cet angle que nous allons nous occuper.

Pour le trouver, à partir du point C (*fig.* 44), sur la droite CD, qui représente, par rapport au style, la position rectangulaire du plan de l'équateur, prenez une longueur CF, précisément égale à la distance qui sépare le centre diviseur E de la transversale HH'; joignez ensuite le point F ainsi trouvé avec le point central O : l'angle CFO, que vous obtiendrez de cette manière, sera l'angle que vous cherchez.

En effet, puisque la ligne CF est égale à celle qui mesure la distance du centre E à l'équinoxiale HH', et puisque la ligne OC est perpendiculaire au plan de l'équateur CD, il est clair que cette même ligne OC est perpendiculaire en même temps à la ligne qui, sur le plan équinoxial, mesurerait la distance du centre C à la transversale HH'. Il suit de là que l'hypothénuse FO du triangle OCF représente la perpendiculaire menée du centre C à l'équinoxiale HH', et que l'angle CFO est celui que le plan de l'équateur fait avec celui du cadran solaire.

225. Il existe, pour trouver cet angle, un autre procédé

qui ne dépend pas de la construction du cadran solaire, et qui peut servir à en vérifier l'exactitude.

Pour bien comprendre en quoi consiste ce procédé, tirez d'abord (*fig.* 44·*a*), depuis le point E jusqu'à la ligne CB, une droite EB qui soit perpendiculaire sur EC; menez ensuite, du même point E jusqu'à CH", une ligne EL qui soit pareillement perpendiculaire sur cette droite; puis, faisant la droite LB' égale à EB, terminez le triangle B'EL : l'angle B'EL ainsi construit sera l'angle cherché. Cet angle est ici de 60° 1' et quelques secondes.

Pour le trouver par le calcul, multipliez le rayon des tables par la tangente de l'élévation de l'équateur, et divisez le produit par le sinus de l'angle (1) compris entre la méridienne équinoxiale rabattue et l'équinoxiale même du cadran incliné : le quotient sera la tangente de l'angle cherché.

Opérations par logarithmes.

Le logarithme du rayon des tables est. . .	10.00000
Le logarithme de la tangente de l'élévation de l'équateur, c'est-à-dire celui de la tangente de de l'angle de 38° 58' 43", est.	9.90803
Somme.	19.90803
Le logarithme du sinus de l'angle trouvé n° 216, c'est-à-dire celui du sinus de 27° 49', est. . . .	9,66899
Reste.	10.23904

Ce logarithme, cherché parmi ceux des tangentes, tombe entre ceux des angles de 60° 1' et 60° 2', ce qui est conforme à la valeur ci-dessus annoncée.

Il suit de là et de l'examen des tableaux annexés au n° 185,

(1) Cet angle est celui dont on a déterminé la valeur dans le numéro 216.

que les lignes du Zodiaque seront ici des hyperboles, car le cadran solaire est construit pour une latitude septentrionale et dessiné sur la face supérieure du plan, c'est-à-dire sur le côté de la table qui regarde le Ciel.

226. *Echelle de l'illumination.* — La construction de l'échelle d'illumination du cadran se fait de la même manière que pour les cadrans solaires précédents, comme cela va résulter du tracé de la figure 44·*b* que vous pourrez exécuter ainsi : par le point O, menez d'abord, aux rayons *p* ♋, *p* ♉, *p* ♈, etc. de l'analème, les parallèles O *o*, O *q*, O *r*, etc., et regardez quelle est la position qu'elles occupent relativement aux lignes horaires, en suivant pour cela la marche déjà plusieurs fois indiquée. Déterminant ensuite à quelles subdivisions du temps correspondent ces lignes, vous connaîtrez aisément, à l'égard du cadran solaire en question, que les temps du lever et du coucher du Soleil sont tels qu'ils sont indiqués sur les figures 44 et 44·*b*.

On voit par là qu'il faut que les lignes horaires de l'après-midi soient marquées seulement jusqu'à III heures, parce que 2 h 49 m est l'heure qui correspond au coucher le plus tardif du Soleil par rapport au cadran solaire.

En comparant l'échelle du lever de ce cadran avec celle du cadran horizontal construit pour une latitude égale (*fig.* 9), on voit que les lignes horaires de la matinée ne sont marquées qu'à partir de III heures, parce que l'illumination du lieu ou le lever du Soleil commence à 3 h 57 m à l'époque du jour le plus long, pour la latitude supposée.

On voit donc, et c'est une conséquence naturelle de la comparaison du cadran incliné de la figure 44 avec le cadran horizontal (*fig.* 29) qui a été construit pour le même lieu, que le matin, le Soleil fait une entrée fictive sur le plan du cadran incliné, bien qu'il se trouve encore au-dessous de l'horizon du lieu.

On voit en outre que l'échelle de l'illumination indique l'ar-

rivée fictive du Soleil sur le cadran solaire, et que le commencement, la fin et la durée de cette illumination du cadran dépendent encore de la latitude du lieu à laquelle se rapporteraient les temps du lever et du coucher du Soleil. L'échelle d'illumination indique donc seulement le commencement, la fin et la durée de l'illumination du cadran solaire, dans le cas où le Soleil visite le matin plus tôt et quitte le soir plus tard l'horizon du lieu que le plan du cadran solaire.

227. *Posage du style.* — Aussitôt qu'on a fini de dessiner et de vérifier le cadran solaire, on attache le style PO (*fig.* 44) au point O, en ayant soin : 1° qu'il forme, avec la méridienne DG, un angle COD précisément égal à la latitude du lieu ; 2° qu'il se trouve dans le plan vertical de la méridienne, et 3° que son extrémité, hors du plan, se dirige vers le nord si la surface du cadran solaire est tournée vers le zénith du lieu. Quand cette surface est tournée vers le nadir, il faut au contraire que cette extrémité P soit dirigée vers le sud. La longueur OP se fixe de la manière déjà connue, et le point p, qui décrit les lignes du Zodiaque, est marqué par un bouton placé à une distance p O (*fig.* 44) égale à la distance pO de la figure 44·*b*.

228. *Cadrans occidentaux.* — La construction des cadrans occidentaux inclinés est, dans tous ces détails principaux, parfaitement identique avec celle des cadrans orientaux inclinés dont nous venons de parler; c'est-à-dire que, pour tracer ces cadrans occidentaux, il suffit de répéter la construction des cadrans orientaux inclinés.

Il est inutile de dire que, dans ce cas, on opérerait sur un plan parfaitement tourné vers l'occident. Nous nous contenterons donc de mentionner ici les légères différences qui peuvent exister entre les deux séries d'opérations.

Quand on a tracé la méridienne sur le plan du cadran solaire incliné occidental, et que, en suivant la marche indiquée par la figure 44·*a*, on a fixé l'angle que ce plan fait avec la

ligne d'intersection H H' du plan de l'équateur avec le plan du cadran, ainsi que l'angle què ce plan forme avec la méridienne équinoxiale, on porte le premier angle, en partant du point D, sur le côté oriental de la méridienne, en ayant soin que son ouverture se trouve tournée vers le sud lorsque la surface du cadran solaire est elle-même tournée vers le zénith du lieu. Si au contraire la surface du cadran solaire était tournée vers le nadir, on porterait cet angle au côté occidental de la méridienne, en ayant soin que la même ouverture soit tournée vers le nord.

Les autres opérations s'exécutent de la même manière que pour les cadrans orientaux: il faut seulement observer qu'on ne marque pas les heures de la matinée aux cadrans occidentaux tournés vers le nadir, parce que ces cadrans ne sont pas éclairés le matin.

CHAPITRE III.

CADRANS SEPTENTRIONAUX INCLINÉS.

229. Pour construire un cadran solaire incliné de cette quatrième espèce, sur votre plan qui regarde exactement le nord, tirez d'abord une méridienne inclinée, et mesurez bien exactement l'inclinaison de votre plan relativement à l'horizon.

Ayant trouvé cette inclinaison, que nous supposerons de 78° 57', occupez-vous de trouver l'angle que l'axe de la Terre fait, et que le style du cadran doit faire avec votre méridienne inclinée.

Cet angle, que nous nommerons l'angle C O G, est égal à la latitude du lieu, augmentée de l'inclinaison du cadran, quand celui-ci est, comme nous le supposerons, un cadran supérieur.

S'il s'agissait d'un cadran inférieur, et que l'inclinaison de

son plan fût plus grande que la latitude du lieu, l'angle cherché COG s'obtiendrait en ôtant la latitude connue de l'inclinaison du cadran.

Ce serait, au contraire, cette inclinaison que l'on ôterait de la latitude du lieu, dans le cas où le cadran serait incliné sur l'horizon d'une quantité plus petite que cette latitude.

Cette légère différence, dans la détermination de l'angle COG, nous fera souvent distinguer trois cas dans la construction des cadrans septentrionaux inclinés.

Cela bien compris, par un point quelconque O de votre méridienne inclinée GD (*fig.* 45), menez une droite OCP, de manière à former avec la méridienne un angle POG précisément égal à celui que vous venez de déterminer.

Cet angle doit avoir son ouverture dirigée vers le nord quand le cadran incliné est un cadran supérieur. Il en est de même quand le cadran solaire est inférieur, si l'inclinaison de son plan sur l'horizon est plus grande que la latitude du lieu. Dans ce deuxième cas, c'est-à-dire dans le cas d'un cadran inférieur, si l'inclinaison du plan était moindre que la latitude de l'emplacement, l'angle POG devrait être construit dans une position inverse, c'est-à-dire que son ouverture doit être dirigée vers le sud.

230. *Lignes horaires.* — Votre angle convenablement construit, ainsi que nous venons de le dire, par un point C, pris à volonté sur la droite OCP, menez à cette droite une perpendiculaire CD; prolongez-la jusqu'à sa rencontre avec la méridienne DG; marquez bien le point d'intersection D de ces deux lignes, et par le point D tirez sur la méridienne DG une perpendiculaire DH : ce sera votre équinoxiale.

Prenez ensuite, sur la même ligne DG, une longueur DE, précisément égale à DC: vous trouverez ainsi le point E.

Autour de ce point comme centre, avec ED pour rayon, décrivez alors un quart de cercle D·6, et partagez-en la cir-

conférence en arcs de 15 degrés : vous obtiendrez sur l'arc D·6 les différents points 1, 2, 3, 4, 5.

Joignez tous ces points avec le point E, et prolongez les rayons E·1, E·2, E·3, etc., jusqu'à ce qu'ils rencontrent la perpendiculaire DH aux points *a*, *b*, *c* : les lignes O·I, O·II, O·III, etc., menées par ces différents points et par le point O, seront les lignes de 1 heure, de 2 heures, de 3 heures, etc., de l'après-minuit, puisqu'elles se dirigent vers le midi : leurs prolongements de l'autre côté du point O seront donc les lignes des mêmes heures de l'après-midi.

Pour avoir les lignes horaires O·XI, O·X, O·IX, etc., qui correspondent en même temps aux heures qui précèdent minuit et midi, il suffit de tracer, du côté opposé de la méridienne, des lignes ayant la position symétrique de celles qui viennent d'être trouvées pour 1 heure, pour 2 heures, pour 3 heures, etc.

On doit avoir remarqué que cette construction, à l'exception toutefois de ce qui se rapporte à la détermination de l'angle COD, supplément de COG, ne diffère en rien de celle que nous avons employée plus haut à l'occasion du cadran solaire horizontal.

231. Cette identité qui existe entre les deux séries d'opérations vient de ce que tout cadran solaire, exactement tourné vers la partie nocturne de la méridienne, est un véritable cadran horizontal construit pour une latitude égale à la mesure de l'angle COD. Cette latitude nouvelle est septentrionale quand le cadran septentrional regarde le Ciel : elle l'est encore quand le cadran incliné regarde la Terre, pourvu que son inclinaison, par rapport à l'horizon, soit plus grande que la latitude. Elle est méridionale, au contraire, quand le cadran incliné regarde la Terre, si c'est la latitude du lieu qui l'emporte sur l'inclinaison du cadran. Des résulats inverses ont pareillement lieu à l'égard de la latitude, sous les mêmes conditions, pour l'autre hémisphère terrestre.

La correspondance qui existe entre les cadrans tournés vers le nord et les cadrans horizontaux, doit faire pressentir que le reste de la construction de la figure 45 devra être, à fort peu de chose près, identique avec la fin de la construction des cadrans horizontaux. Elle explique aussi l'extrême ressemblance des figures 45 et 45·*a*, comparées aux figures 29 et 29·*a*.

Il faut seulement observer que, pour le premier des trois cas mentionnés plus haut (n° 229), la 12ᵉ heure du jour se trouvant au point qu'occuperait minuit sur un cadran horizontal, les heures du matin doivent être sur le côté occidental de la méridienne, et les heures du soir sur le côté opposé de cette ligne.

Pour le second cas, l'indication de minuit, ainsi que celle des heures du matin et du soir, ne diffère en rien de celle que l'on établirait sur un cadran horizontal.

Pour le troisième cas, la 12ᵉ heure de la nuit ainsi que celles d'avant et d'après doivent exactement s'indiquer comme dans le premier cas.

Si, à propos des deux derniers cas, nous n'avons point parlé de la ligne de midi, c'est parce que les cadrans septentrionaux de ces deux dernières espèces, à quelque latitude qu'ils appartiennent, ne sont jamais éclairés à cette heure du jour.

232. *Lignes du Zodiaque.* — Il n'y a pas seulement que la position des chiffres horaires qui dépende de l'inclinaison du plan du cadran solaire, par rapport à l'horizon du lieu; la position des lignes du Zodiaque en dépend aussi. En effet, la ligne zodiacale du ♋ sera de toutes la plus voisine du point O, pour les deux premiers cas, relativement aux latitudes septentrionales; la ligne du ♑ sera au contraire la plus voisine du même point O, pour le troisième cas et pour des latitudes méridionales.

Il suit de là que les lignes du Zodiaque et leur position par rapport au point O sont déterminées et telles que la figure 45

les indique, aussitôt qu'on a donné à l'analème, en *fig.* 45·*a*, la position représentée par cette figure, et qu'on a opéré de la même manière qu'à propos de la figure 29.

L'angle que le cadran solaire forme avec le plan de l'équateur est égal à OCD moins DOC, c'est-à-dire à 39° 16', parce que, dans l'exemple qui nous occupe, la latitude du lieu est supposée 51° 3'. Cela tient à ce que l'angle COG = 78° 13' + 51° 3', ou 129° 16'; il suit de là que l'angle COD = 180° — (129° 16') ou 50° 44' : donc ODC = 90° — (50° 44') ou 39° 16'. Voilà pourquoi toutes les lignes du Zodiaque sont des hyperboles, conformément au 1[er] tableau du n° 185; car, d'après ce que nous avons dit, les cadrans solaires construits sous des latitudes septentrionales sont tournés vers le pôle arctique pour les cas 1 et 2, et ils sont tournés vers le pôle antarctique pour le cas n° 3. Le contraire a lieu pour les cadrans solaires qui sont construits sous des latitudes méridionales, comme cela se comprend très-facilement au moyen de la fig. 13, quand on y dessine la position du plan des cadrans solaires, par rapport à la ligne PS qui représente l'axe de la Terre.

233. *Echelle d'illumination.* — De l'échelle d'illumination qui se construit de la même manière que pour tous les cadrans solaires précédents, on déduit aisément quelles sont les lignes horaires qu'il importerait de marquer relativement à l'illumination fictive du cadran : quand on compare ensuite cette échelle d'illumination à celle du cadran horizontal construit pour le même lieu, on peut établir enfin quelles sont celles de toutes ces lignes des heures qu'on doit marquer, en tenant compte à la fois de la durée de l'illumination du lieu et de celle du cadran solaire.

On voit, par exemple, que, relativement au cadran solaire que représente la fig. 45, le Soleil se lève à 3 heures 52 minutes de l'après-midi, et qu'il se couche à 8 heures 8 minutes du matin, à l'époque du jour le plus long; c'est-à-dire quand le Soleil se trouve au signe du ♋ : on est donc tenté de

marquer 18 lignes horaires depuis la 3e heure de l'après-midi jusqu'à la 9e heure du matin. En comparant l'échelle de l'illumination du même cadran avec celle du cadran horizontal de la figure 29, cadran qui est établi pour la même latitude, on voit que, relativement à l'horizon du lieu, le Soleil ne se lève qu'à 3 heures 50 minutes du matin, et qu'il se couche déjà à 3 heures 10 minutes du soir. Le cadran solaire n'est donc véritablement éclairé que de 3 heures à 9 heures le soir, et de 3 heures à 9 heures le matin. Il suit de là qu'on doit y marquer seulement 12 lignes d'heures, comme on l'a fait sur la figure 45.

Arrive-t-il que le cadran soit établi pour une latitude telle que 80°, par exemple, c'est-à-dire pour une latitude où le Soleil ne se couche pas pendant le jour le plus long de l'année, ses rayons se trouvant alors dans une position toute parallèle, il est clair que, pendant une partie de l'année, il indiquera l'heure du jour, depuis 3 heures 52 minutes du soir jusqu'à 8 heures 8 minutes du matin. Il résulte de là qu'il faudra marquer les lignes horaires depuis la 3e heure du soir jusqu'à la 9e du matin. Aucune illumination n'a lieu pour le cadran solaire pendant la partie opposée de l'année, comme cela résulte de la comparaison de l'échelle d'illumination de la figure 45 avec celle de la figure 41 qui représente un cadran horizontal construit pour 80° de latitude septentrionale.

234. *Posage du style.* — Ayant fini de tracer et d'examiner votre cadran solaire, attachez le style au point O, en ayant soin qu'il se trouve dans le plan vertical de la méridienne, et qu'il forme avec cette ligne un angle égal à COD, et que son ouverture regarde le sud pour les cas nos 1 et 2 ; c'est au contraire vers le nord qu'elle doit être tournée pour le 3e cas. Le bouton p qui décrit les signes du Zodiaque doit s'y trouver éloigné de son pied d'une distance égale. La distance Op doit être mesurée sur l'une des figures 45 ou 45-*a*, et la longueur totale OP doit enfin se déterminer comme à l'ordinaire.

DEUXIÈME SECTION.

CADRANS INCLINÉS DÉCLINANTS.

235. Sous cette dénomination, se trouvent compris tous les cadrans solaires inclinés construits sur des plans qui ne regardent exactement, ni le sud ou le nord, ni l'orient ou l'occident. Leurs tables, à tous, sont tournées vers les régions célestes qu'interceptent ces quatre directions cardinales, et elles s'en écartent ou en *déclinent* plus ou moins.

Parmi les cadrans de cette deuxième section, nous pourrions aisément distinguer encore des cadrans méridionaux, des cadrans occidentaux, des cadrans septentrionaux et des cadrans orientaux.

Nous comprendrions alors sous la première de ces quatre dénominations, tous les cadrans qui regardent une partie du Ciel plus voisine du sud que de chacune des trois autres directions cardinales. Nous comprendrions de même sous la seconde dénomination, ceux qui sont plus tournés vers l'occident que vers le sud, le nord ou l'orient. Nous ne regarderions de même comme septentrionaux, que ceux qui regardent une partie du Ciel plus voisine du nord que des trois autres directions cardinales; et pour donner à un cadran incliné la qualification d'oriental déclinant, il faudrait qu'il fût plus tourné vers l'orient que vers le sud, vers le nord ou vers l'occident.

Il suivrait de là, que le point du Ciel exactement regardé par un cadran solaire incliné déclinant, serait toujours compris entre le sud-est et le sud-ouest, pour tous les cadrans méridionaux; entre le sud-ouest et le nord-ouest, pour tous les cadrans occidentaux; entre le nord-est et le nord-ouest, pour tous les cadrans septentrionaux; et enfin, entre le sud-est et le nord-est, pour tous les cadrans orientaux.

Toutefois, comme la construction de tous les cadrans in-

clinés qui déclinent ne dépend que de la position de leurs plans par rapport aux quatre points cardinaux, et qu'elle ne subirait aucune modification dans le cas où le plan d'un cadran se trouverait exactement tourné vers une direction secondaire ou tertiaire caractérisée, telle que le sud-est ou l'est-sud-est, etc., nous ne ferons aucune mention spéciale des cadrans qui se trouveraient dans cette hypothèse, et nous ne nous en occuperons que relativement à leurs positions rapportées aux deux directions principales du nord et du sud, c'est-à-dire que nous regarderons tous les cadrans solaires de cette deuxième section comme des cadrans simplement inclinés, mais déclinants plus ou moins du midi ou du nord.

Nous aurons ainsi deux sortes de cadrans méridionaux déinclinés, savoir : des cadrans méridionaux du sud-est, et des cadrans méridionaux du sud-ouest. Nous aurons de même deux sortes de cadrans septentrionaux inclinés déclinants, savoir : des cadrans septentrionaux du nord-est et des cadrans septentrionaux du nord-ouest. Ces cadrans, d'ailleurs, seront supérieurs ou inférieurs, selon que le côté du plan sur lequel ils seront construits sera lui-même supérieur ou inférieur, c'est-à-dire, tourné vers le zénith ou vers le nadir du lieu.

CHAPITRE PREMIER.

CADRANS INCLINÉS DÉCLINANTS DU MIDI.

ARTICLE Ier.

DÉTERMINATION DES LIGNES HORAIRES SUR UN CADRAN DÉINCLINÉ DU SUD-EST.

236. Le plan du cadran solaire étant supposé tourné vers une région du Ciel comprise entre le sud et l'est, pour le dessiner comme il faut, commencez par tracer une méridienne sur le

plan de votre cadran, et mesurez bien ce que nous appelons son *inclinaison*, c'est-à-dire l'angle qu'elle forme avec la méridienne horizontale correspondante. Faites-en autant pour celui qu'elle forme avec l'horizontale du plan, et déterminez ensuite l'angle qu'elle fait avec l'axe de la Terre.

Pour obtenir ce dernier angle, rappelez-vous qu'il est égal à la latitude du lieu moins l'inclinaison, quand le plan du cadran solaire est tourné vers le zénith du lieu et que la latitude de celui-ci est plus grande que la mesure trouvée pour l'inclinaison. C'est là ce que nous appellerons le *premier cas à considérer*. Si (*deuxième cas*) la latitude du lieu était plus petite que l'inclinaison de la méridienne, l'angle cherché serait égal à cette inclinaison diminuée de la latitude du lieu. Si enfin (*troisième cas*) la surface du cadran était tournée vers le nadir, le même angle cherché serait égal à la latitude du lieu augmentée de l'inclinaison.

Tout cela se démontrerait très-facilement, en comparant sur la figure 13 la position de la méridienne inclinée G E ou G' E' avec celle de la méridienne horizontale H R.

237. Cette observation bien comprise, sur la méridienne inclinée G D de votre cadran (*fig.* 46), prenez à volonté un point O, et par ce point menez une ligne droite O P qui fasse, avec cette méridienne G D, un angle P O D précisément égal à l'angle que vous venez de déterminer.

En construisant cet angle, il faut avoir soin que son ouverture regarde le nord ou le midi, suivant que l'on se trouve dans le premier ou dans le second des trois cas que nous avons distingués ci-dessus. Si la surface du cadran était tournée vers le nadir (3e *cas*), l'ouverture de l'angle construit devrait toujours regarder le midi.

L'angle ci-dessus convenablement tracé, prenez à volonté, sur son côté P O, un point quelconque C, et de ce point, jusqu'à la méridienne inclinée G D, menez une droite C D qui soit perpendiculaire à la droite P O. Marquez bien ensuite son

point d'intersection D avec la méridienne G D, et occupez-vous de chercher l'angle que doit former avec cette méridienne l'équinoxiale H H' que vous ne connaissez pas encore : vous chercherez aussi l'angle E D H' que doit former, avec la même équinoxiale, le rayon E D du cercle diviseur E de cette transversale importante.

238. Pour résoudre ce double problème, tirez d'abord une droite indéfinie A'C (*fig.* 46·*u*), et menez-lui, n'importe où, une perpendiculaire O E qui la rencontre en un point R.

Prenez ensuite sur la même ligne A' C un point quelconque C, suffisamment éloigné du point R, et faites-y l'angle R C O, précisément égal à l'inclinaison des méridiennes : la droite C O rencontrera O E en un certain point O.

Alors, si la surface de votre cadran solaire est tournée vers le zénith, faites encore au même point C, mais de l'autre côté de A' C, un angle R C E égal à l'élévation de l'équateur sur l'horizon du lieu (1).

Si la surface du cadran solaire était tournée vers le nadir, ce serait du même côté que R C O qu'il faudrait construire l'angle R C E.

Quoi qu'il en puisse être de la position de ce dernier angle, le côté C E, par sa rencontre avec O E, déterminera un certain point E.

Ce point marqué, faites, toujours un point C, un troisième angle R C A précisément égal à la déclinaison de votre cadran; puis, à partir du point connu R, portez sur la ligne R A' une longueur R A' précisément égale à la ligne R A que la ligne C A détermine, en rencontrant la droite O E : vous obtiendrez ainsi le point A'.

Par les deux points O et A', tirez alors la droite indéfinie O A', et, par le point E, menez sur O E la perpendiculaire E H : cette droite rencontrera la droite O H en un certain point H.

(1) L'élévation de l'équateur est toujours égale à la co-latitude du lieu, c'est-à-dire que c'est précisément le complément de la hauteur du pôle sur l'horizon du lieu.

Prenez ensuite une distance E D égale à E C, et joignez le point D au point H : vous obtiendrez ainsi le triangle D E H, dans lequel l'angle E D H, opposé au côté E H, est précisément égal à celui [E D H'] (*fig.* 46) que le rayon D E, du cercle diviseur E, forme avec l'équinoxiale H H', du cadran solaire dont vous vous occupez.

239. L'angle E D H, que nous venons de construire sur la figure 46·*a*, a été déterminé par nous, en supposant que l'angle O C R de l'inclinaison égalait 40° ; que l'angle R C E de l'élévation de l'équateur était de 38° 56' 43", et que la déclinaison mesurée du cadran, c'est-à-dire l'angle R C A, avait une valeur de 33°. En opérant lui-même sur de pareilles données, le lecteur pourra graphiquement reconnaître que l'angle E D H est alors équivalent à 44 degrés 45 minutes environ.

Pour le trouver par le calcul, ajoutez l'élévation de l'équateur avec l'angle de l'inclinaison (1) ; prenez le sinus de l'angle obtenu, ajoutez-y la tangente de la déclinaison, et divisez le produit par le sinus de l'inclinaison : le quotient obtenu sera la tangente de l'angle E D H.

Opérations par logarithmes.

L'élévation de l'équateur est de. . .	.	38° 56' 43"
L'angle de l'inclinaison. . . .	=	40
Somme.		78° 56' 43"
Le logarithme de sinus 78° 56' 43"	=	9.99186
Celui de tangente de 33°. . . .	=	9.81252
Somme.		19.80438
Le logarithme de sinus 40°. . . .	=	9.80807
Reste.		9.99631

(1) Si les deux angles que nous disons d'ajouter ensemble n'étaient pas construits du même côté de la ligne A'C, ce ne serait pas leur somme, mais leur différence qu'il faudrait calculer ici.

Ce logarithme, cherché parmi ceux des tangentes, correspond approximativement à l'angle de 44° 45', ce qui est conforme à l'opération graphique.

240. Ce premier angle trouvé, construisez (*fig.* 46·*a*) le triangle O D'H avec les côtés O H, O C et H D, en faisant O D' égal à O C, et H D' égal à H D : alors, l'angle O D'H sera celui [O D H'] (*fig.* 46) que la méridienne inclinée G D forme avec l'équinoxiale H H'. Cet angle est égal ici à 82° 3' environ.

Pour le trouver par le calcul, on peut s'y prendre de la manière suivante : après avoir donné une valeur arbitraire, 1000 par exemple, à la ligne CA, on se sert des principes connus pour calculer, dans le triangle OCR, la valeur de la droite OC : on la trouve égale à 1308 environ. On calcule de même la valeur de la ligné OR. Passant alors au triangle ECR, on détermine la valeur (1285) de la ligne CE, et l'on calcule ensuite la longueur du côté CR. En ajoutant cette longueur à celle de la droite OR, on trouve que la ligne OE est égale à 1647 environ.

Ces résultats obtenus, dans le triangle DHE, on calcule ce que vaut l'hypothénuse HD, et l'on trouve pour résultat 1810. On détermine enfin, dans le triangle OEH, l'angle H O E, que l'on trouve être égal à 37° 43, ainsi que l'hypothénuse O H, qui équivaut à 2082.

Connaissant alors les trois côtés du triangle O D'H, on cherche la valeur de l'angle D', et, pour cela, on fait les carrés(1) des côtés qui comprennent cet angle; on en retranche le carré du côté opposé, et l'on divise le reste par deux fois le produit des deux premiers côtés; le logarithme du quotient, augmenté de 10, est celui du cosinus de l'angle D', c'est-à-dire de l'angle O D H' de la figure 46.

241. Cela fait et compris, transportez-vous au point D (*fig.* 46), et sur le côté occidental de la méridienne G D, faites un

(1) Faire le carré d'un nombre, c'est le multiplier par lui-même.

angle ODH' égal à l'angle OD'H que vous venez de trouver sur la figure 46·*a*, en ayant bien soin, toutefois, que l'ouverture de cet angle regarde le côté du midi, si vous vous trouvez dans les cas n° 1 ou 2, ou encore si le plan incliné est tourné vers le nadir et que l'angle d'inclinaison soit plus grand que l'élévation de l'équateur sur l'horizon du lieu : la même ouverture doit, au contraire, être tournée vers le nord, quand le plan du cadran solaire regarde le nadir, si l'inclinaison est moindre que la susdite élévation de l'équateur.

Faites ensuite, au point D de la même figure 46, un angle EDH' égal à l'angle EDH de la figure 46·*a*; sur le côté DE de cet angle prenez une longueur DE égale à DC; décrivez autour du point E, ainsi trouvé, une circonférence de cercle D·6·12·6 ayant son rayon égal à ED; puis, à partir du point D, divisez-la en 24 parties égales; joignez au point E tous les points de la division 1, 2, 3, etc., par le moyen de lignes droites qui aillent jusqu'à HH' et marquez exactement les divers points de rencontre *a*, *b*, *c*, *d*, etc., de toutes ces droites avec HH' : il ne vous restera plus qu'à joindre chacun de ces points avec le point O par des lignes droites, pour avoir construit toutes les lignes horaires du cadran incliné.

242. *Remarques.* — S'il arrivait qu'une ligne quelconque de la division du cercle D·6·12·6 fût parallèle à l'équinoxiale HH', il faudrait prendre pour ligne horaire faisant voir les parties correspondantes du temps, une ligne parallèle à HH' et tirée par le point O.

En prolongeant en arrière du point O toutes les lignes horaires qui correspondent aux points *a*, *b*, *c*, *d*, on obtient les lignes des heures, pour les époques du jour qui leur sont diamétralement opposées.

Quand on subdivise en parties égales les arcs des heures 12·11, 11·10, 10·9.... de la circonférence D 6·12·6, et qu'on tire des lignes qui passent par les nouveaux points de division et par le point E, en joignant au point O leurs points de ren-

contre avec l'équinoxiale H H', on obtient, selon la manière dont la division a été faite, les lignes horaires pour les demies, ou pour les demies et les quarts, ou etc.

Pour avoir les lignes correspondantes des parties opposées du jour, on prolonge, en arrière du point O, celles que l'on vient de tracer, ainsi que nous l'avons fait nous-même sur la 46e figure, où on ne les voit marquées que sur le bord du cadran solaire, ce que nous avons fait afin de diminuer autant que possible le nombre des lignes tracées sur le cadran.

Lorsque l'ouverture de l'angle P O D est tournée du côté du nord, la 12e heure du jour proprement dit (celle de midi) se trouve au point septentrional de la méridienne; les heures de la matinée se trouvent à l'occident de la méridienne, et celles de la soirée du côté opposé (*côté oriental*) de la même droite.

Si la même ouverture était tournée vers le midi, la même 12e heure (celle de midi) se trouverait au point méridional de la méridienne, et toutes les autres heures seraient placées comme dans le cas ci-dessus.

ARTICLE II.

LIGNES ACCESSOIRES DU MÊME CADRAN.

243. *Détermination des lignes zodiacales.* — Pour tracer les lignes du Zodiaque, tirez d'abord deux lignes perpendiculaires entre elles O C et C D (*fig.* 46-*b*); donnez à la première ligne une longueur O C égale à la ligne O C de la figure 46, et laissez à la ligne C D une longueur indéfinie.

A partir du point C (*fig.* 46-*b*), portez sur la droite C D des distances C *a*, C *b*, etc., respectivement égales aux droites E *a*, E *b*, etc., de la figure 46, et joignez au point O tous les points *a*, *b*, etc., ainsi déterminés : les lignes résultantes O *a*, O *b*, etc., seront, pour la figure 46-*b*, les lignes horaires qui correspondent aux points *a*, *b*, etc.

Si vous tirez en outre une droite O S qui soit parallèle à C D et qui passe par le point O, cette ligne représentera sur la figure 46-*b* celle, quelle qu'elle soit, de toutes les lignes horaires qui est parallèle à l'équinoxiale H H' sur la figure 46.

En traçant enfin de l'autre côté de O S, et dans une position symétrique, des lignes nouvelles qui soient semblablement inclinées, vous aurez, par rapport à l'axe C O, la position de celles des lignes des heures qui appartiennent aux parties du temps diamétralement opposées à celles de ces parties dont les lignes horaires sont déjà dessinées par vous sur votre figure auxiliaire.

244. Choisissant alors à volonté, sur la droite OC (style supposé du cadran), un point quelconque *p*, dessinez-y un analème, comme on en voit un sur la figure, c'est-à-dire en ayant soin que le rayon du milieu soit perpendiculaire à la droite OC; que celui qui correspond au signe du ♋ soit le plus voisin du point O, si votre cadran est destiné pour l'hémisphère septentrional, et que l'ouverture de l'angle POD (*fig.* 46) regarde le nord. Si cette même ouverture était tournée du côté opposé, ce serait au contraire le rayon correspondant au ♑ qui devrait se trouver du côté du point O.

Le contraire de tout cela doit évidemment avoir lieu, quand c'est pour l'hémisphère méridional que se construit le cadran solaire.

Votre analème étant convenablement dessiné, portez sur les lignes horaires de la figure 46, et à partir du point O de cette même figure, les distances O*a*', O*a*'', etc., O*b*', O*b*'', etc., O*c*', O*c*'', etc., qui se trouvent entre le point O de la figure 46-*b* et les points *a*', *a*''.... *b*', *b*''.... *c*', *c*'', etc., qui sont les intersections des rayons de l'analème avec les différentes lignes qui représentent les heures. Les points *a*', *a*'', etc., *b*', *b*'', etc., *c*', *c*'', etc., ainsi trouvés sur la figure 46, y détermineront les lignes zodiacales du cadran solaire. Il ne vous restera

plus alors qu'à y mettre les signes représentatifs de ces lignes dans l'ordre même qui se trouve indiqué par votre analème.

245. *Nature des lignes zodiacales.* — Pour reconnaître la nature des courbes qui représentent les lignes du Zodiaque sur le cadran solaire, il faut chercher l'angle que le plan du cadran forme avec celui de l'équateur. On pourrait, pour cela, suivre exactement la marche dont nous avons déjà fait mention dans un cas semblable; mais on peut s'y prendre aussi de la manière suivante :

Après avoir pris à volonté un point quelconque B de la droite C A (*fig.* 46-*a*), on y élève, à cette droite, une perpendiculaire que l'on prolonge jusqu'à sa rencontre avec la droite C O au point K, et l'on porte ensuite, sur DE, à partir du point connu D, une longueur D B' égale à C B. Du point B' ainsi déterminé, on abaisse sur la ligne connue D H une perpendiculaire B' L; et, à partir du point B, on prend, sur la ligne B E, une longueur B L' égale à B' L. En joignant alors le point K au point L' par une droite K L', l'angle K L' B est celui que le plan du cadran solaire forme avec celui de l'équateur.

Cet angle, que nous venons d'obtenir graphiquement, pourrait aisément se déterminer par le calcul, en suivant pour cela une marche analogue à celle qui nous a servi pour l'évaluation de l'angle O D' H du nº 240.

246. Dans le cas où le plan du cadran solaire serait destiné pour une latitude septentrionale quelconque, et tourné du côté du zénith, si l'angle de l'inclinaison, mesuré au-dessous des lignes horizontales, était moindre que la latitude du lieu, la surface de ce cadran regarderait le pôle arctique. Ce serait au contraire le pôle antarctique que cette surface regarderait, dans tous les autres cas.

Le contraire de tout ce que nous venons de dire a précisément lieu quand c'est pour l'hémisphère méridional que le cadran solaire est construit.

Si l'on cherche sur les tableaux nºs I ou II, annexés au nº 185,

la valeur trouvée de l'angle que le plan du cadran solaire forme avec celui de l'équateur, on trouvera, en regard de cette valeur angulaire, la nature des lignes zodiacales qui doivent exister sur la surface du cadran.

247. *Illumination du cadran.*— La construction de l'échelle d'illumination s'exécute de la même manière que pour tous les cadrans solaires précédents.

On tire à travers le point O (*fig.* 46-*a*) des lignes O*v*", O*x*", O*y*", O*v*"', O*x*"', O*y*"', qui soient parallèles aux rayons des signes de l'analème; puis on examine, en suivant la marche déjà indiquée plusieurs fois, quelles sont les parties de la division du temps auxquelles ces parallèles correspondent. Cela fait connaître l'époque exacte du lever et du coucher du Soleil, ainsi que la durée de l'illumination. Tout cela, d'ailleurs, se voit suffisamment indiqué sur les figures 45-*b* et 46.

En comparant alors la durée d'illumination, trouvée ainsi pour un cadran déincliné, avec celle de l'horizon du lieu, ou, ce qui revient au même, avec celle du cadran horizontal qui correspond à la même latitude, on reconnaît de suite quelles sont les lignes des heures que l'on doit marquer sur ce cadran solaire. C'est ainsi que nous en avons agi déjà plusieurs fois relativement aux cadrans non horizontaux dont nous nous sommes précédemment occupé.

248. *Posage du style.*— Ayant entièrement tracé votre cadran, attachez-y l'axe au point O, en ayant bien soin qu'il forme avec la méridienne inclinée un angle égal à l'angle P O D de la figure 46; que l'extrémité P de cet axe soit tournée vers la même région du Ciel que le point P, du côté P O de l'angle P O D, et que sa direction se trouve exactement le plan vertical de la méridienne G D. Le bouton *p*, qui décrit les lignes du Zodiaque, doit être ensuite attaché sur l'axe, à une distance de son pied (O) précisément égale à la ligne O *p* de la *fig.* 45-*b*.

ARTICLE III.

CADRANS DÉINCLINÉS DU SUD-OUEST.

249. Quand la surface du cadran solaire à construire est tournée vers une région du Monde comprise entre le sud et l'ouest, le tracé de sa table, dans sa partie la plus importante (la détermination des lignes horaires), s'exécute, ainsi que la *fig.* 47 le fait voir, d'une manière à fort peu de chose près la même que s'il s'agissait d'un cadran incliné déclinant du sud-est, tel que celui de la figure 46.

La seule différence qui existe entre les deux systèmes d'opérations consiste en ce que l'angle de la méridienne avec l'équinoxiale, c'est-à-dire l'angle HDO (*fig.* 47) pris égal à l'angle HD'O de la figure 46-*a*, doit être construit au point D de la figure 47, non plus sur le côté occidental, mais sur le côté oriental de la méridienne inclinée.

En traçant cet angle, il faut avoir bien soin que son ouverture soit tournée vers le midi pour les cas n°s 1 et 2, ainsi que pour le cas où la surface du cadran solaire regarderait le nadir, si l'angle d'inclinaison, mesuré au-dessus de l'horizon, était plus grand que l'élévation de l'équateur du lieu. La même ouverture, au contraire, doit être tournée vers le nord quand la surface du cadran solaire regarde le nadir, et que l'angle de l'inclinaison mesurée est moindre que l'élévation de l'équateur du lieu.

Les opérations auxiliaires s'exécutent ici de la même manière que dans le premier cas des cadrans inclinés déclinants, ainsi qu'on peut se le rendre évident par la comparaison, avec la *fig.* 46, de la *fig.* 47 qui représente un cadran solaire incliné, dont la surface déclinante regarde la partie du Monde comprise entre le sud et l'ouest. La latitude de ce nouveau cadran est encore septentrionale et de 51° 3'; mais l'angle de l'incli-

naison, mesuré au-dessus de l'horizon, y est supposé de 70°; et l'angle de la déclinaison, de 56°15'. Toutes les lignes et tous les points indiqués par des caractères pareils, ont d'ailleurs une même signification sur les deux figures.

CHAPITRE II.

CADRANS INCLINÉS DÉCLINANTS DU SEPTENTRION.

ARTICLE Ier.

DÉTERMINATION DES LIGNES HORAIRES SUR UN CADRAN DÉINCLINÉ DU NORD-OUEST.

250. Quand la surface du cadran solaire est tournée vers une région du Monde comprise entre le nord et l'ouest, la construction du cadran solaire s'exécute ainsi que nous allons vous le dire.

Tirez d'abord la méridienne G D (*fig*. 48) sur votre plan incliné; mesurez l'angle de l'inclinaison et celui de la déclinaison, et occupez-vous ensuite de déterminer l'angle POD, que la méridienne inclinée G D du cadran forme avec la ligne O P, représentation géométrique du style rabattu.

Cette détermination vous sera toujours très-facile. En effet, l'angle cherché est égal à la latitude du lieu diminuée de l'inclinaison, toutes les fois que la surface du cadran solaire est tournée vers le zénith. Si la même surface du cadran solaire était tournée vers le nadir, et que l'angle de l'inclinaison fût plus grand que la latitude du lieu, l'angle cherché s'obtiendrait encore en prenant, dans le même sens, la différence des deux angles comparés. Quand, pour la même direction du plan du cadran solaire, l'angle de l'inclinaison est moindre que la latitude du lieu, l'angle cherché est égal à la latitude diminuée

encore de l'inclinaison du cadran. Concluons de là que l'angle P O D est toujours égal à la différence qui existe entre l'inclinaison des méridiennes et la hauteur du pôle au-dessus de l'horizon du lieu.

251. Cet angle convenablement déterminé d'après les observations qui précèdent, sur la méridienne inclinée G D prenez un point quelconque O, et faites-y l'angle que vous venez de trouver, en ayant bien soin que son ouverture soit tournée vers le nord pour le cas n° 1, lorsque le plan du cadran solaire est tourné vers le zénith. Il faut, au contraire, que la même ouverture soit tournée vers le sud, pour le cas n° 2.

Après cela, choisissez à volonté, sur le côté P O de votre angle, un poiut quelconque C, et, de ce point, jusqu'à la méridienne D G, tirez une ligne C D qui soit perpendiculaire à P O : vous obtiendrez ainsi le point D.

Ce point trouvé, il vous faut chercher à déterminer les angles O D H' et E D H' que l'équinoxiale H H' forme, l'un avec la méridienne du plan incliné, l'autre avec le rayon E D du cercle diviseur E. Ces deux angles se déterminent en suivant la marche que nous avons déjà indiquée à l'occasion des cadrans inclinés du sud-est, ainsi que cela peut se conclure de la comparaison de la *fig.* 48-*a* avec la *fig.* 46-*a*.

La seule différence qui existe entre les deux systèmes d'opérations consiste seulement en ce que, pour le cadran dont nous nous occupons, l'angle E C R (*fig.* 48-*a*), qui est égal à l'élévation de l'équateur du lieu, doit se trouver du même côté que l'angle O C R de l'inclinaison, lorsque les surfaces des cadrans solaires sont tournées vers le nadir.

Ceci bien compris, au point D (*fig.* 48) menez une droite indéfinie qui fasse, avec la méridienne inclinée, et à l'orient de cette droite, un angle O D H', qui soit précisément égal à l'angle O'D H de la *fig.* 48-*a*, en ayant soin que l'ouverture de l'angle que vous construisez regarde le nord, pour les cas n°s 1 et 2, quand le plan du cadran solaire est tourné vers le

zénith, et que l'angle de l'inclinaison est plus grand que l'élévation de l'équateur. La même ouverture devrait, au contraire, regarder le midi, si l'angle de l'inclinaison était moindre que l'élévation de l'équateur, pour la dernière position du plan du cadran solaire.

252. *Remarques.* — La fin des opérations relatives au tracé du cadran qui nous occupe s'exécute de la même manière que celle dont il a été fait mention à propos de la *fig.* 46 : on peut s'en convaincre en établissant la comparaison des *fig.* 46 et 48.

La douzième heure du jour (celle de midi) se marque sur les cadrans de cette sorte, de la même manière que sur tous les autres cadrans solaires, c'est-à-dire du côté septentrional de la méridienne. Cette douzième heure se trouve donc à l'extrémité de la méridienne qui se dirige vers le nadir, quand le plan du cadran solaire est tourné vers le zénith : elle se trouve, au contraire, à l'extrémité de la méridienne qui se dirige vers le zénith, quand le plan du cadran solaire est tourné du côté opposé.

Les heures de la matinée doivent être indiquées, comme toujours, sur le côté occidental de la méridienne, tandis que les heures de la soirée doivent, au contraire, se trouver indiquées du côté oriental de la même droite.

ARTICLE II.

LIGNES ACCESSOIRES DU MÊME CADRAN.

253. *Construction des lignes zodiacales.* — La construction des lignes du Zodiaque se détermine au moyen de la *fig.* 48-*b*, et celle-ci se fait exactement de la même manière que celle dont il a été fait mention à propos de la *fig.* 47-*b*. La position de l'analème, relativement à l'indication des signes à y mettre par rapport au point O, dépend des quatre cas men-

tionnés ci-dessus, c'est-à-dire que le rayon qui correspond au ♋ se dirige vers O (*fig.* 48-*b*), sous les latitudes septentrionales pour le cas n° 1 et pour les surfaces des cadrans solaires tournées vers le zénith. Pour le cas n° 2, c'est le rayon du ♑ qui se dirige vers le même point O.

Pour les latitudes méridionales, on doit faire exactement l'inverse de ce qui se fait pour les latitudes opposées.

Quant à l'angle que le plan du cadran solaire forme avec celui de l'équateur, il se détermine exactement de la même manière que celle dont il a été fait mention à propos de la figure 46-*a*.

254. *Illumination du cadran.* — L'échelle de l'illumination se construit de la même manière que pour la figure 46-*b* : en la comparant à celle de l'illumination générale du lieu, on trouve combien d'heures on doit marquer sur le cadran relativement à la latitude du lieu, de la même manière qu'on avait trouvé la même chose pour tous les cadrans solaires précédents.

255. *Posage de l'axe.* — En posant l'axe du cadran en question, il faut avoir soin qu'il forme au point O, avec la méridienne inclinée, un angle qui soit précisément égal à l'angle POD de la figure 48 ; que sa direction se trouve bien dans le plan vertical de la méridienne, et que son extrémité P soit tournée vers la même région du Ciel que le point P du côté PO de l'angle POD.

ARTICLE III.

CADRANS DÉINCLINÉS DU NORD-EST.

256. Quand la surface du cadran solaire, tel que celui que représente la figure 49, est tournée vers une région du Ciel située entre le nord et l'est, son tracé s'exécute de la même manière que celle dont il vient d'être fait mention à propos

des cadrans inclinés déclinants de la troisième sorte. On peut s'en convaincre en mettant les figures 49, 49-*a* et 49-*b* en comparaison avec les figures 48, 48-*a* et 48-*b*, où les lignes et les points qui sont affectés des mêmes caractères ont des significations pareilles. Il y a cependant une remarque à faire. Quand la surface du cadran solaire est tournée vers le nadir, en construisant au point D (*fig.* 49) l'angle ODH' égal à l'angle OCH' de la figure 49-*a*, c'est sur le côté occidental de la méridienne inclinée qu'il faut opérer, et l'angle construit doit avoir son ouverture tournée vers le nord quand la table regarde le nadir, ou bien quand la surface du cadran solaire regarde le zénith du lieu, si l'élévation de l'équateur est moindre que l'angle de l'inclinaison. Dans ce nouveau cas, l'ouverture du même angle devrait au contraire être tournée vers le sud, si l'angle de l'inclinaison était moindre que l'élévation de l'équateur.

CHAPITRE III.

CAS PARTICULIERS.

ARTICLE I[er].

DÉTERMINATION ET NUMÉROTAGE DES LIGNES HORAIRES.

257. Relativement à chacune des quatre sortes de cadrans dont nous venons de nous occuper, il existe un cas particulier dont il est bon de faire ici mention : c'est celui où, pour les cadrans inférieurs(1) des deux premières sortes, et pour les supérieurs des deux dernières, il y a égalité parfaite entre l'inclinaison des méridiennes et la hauteur du pôle sur l'horizon du lieu, et où, par conséquent, la méridienne inclinée et la méridienne équinoxiale se confondent.

(1) N'oublions pas qu'on appelle ainsi ceux dont la surface regarde le nadir.

258. Dans ce cas, la construction du cadran est très-simple, et elle s'exécute ainsi que nous allons le dire.

On commence par tirer (*fig.* 50) une ligne GE qui soit perpendiculaire à la méridienne AB; puis, ayant posé sur cette droite GE le quart de cercle qui sert à mesurer les inclinaisons, celui que représente la figure 42, on tourne ce quart de cercle de façon que son bord AC coïncide avec la ligne GE.

Alors on laisse tomber un plomb suspendu en avant de la méridienne inclinée, et l'on promène ce perpendicule jusqu'à ce que son fil cache entièrement la méridienne située derrière lui. Ce résultat obtenu, on compte les degrés et les minutes que la ligne EG et le plomb interceptent sur le quart de cercle, et l'on fait au point O un angle EOP qui ait pour mesure le nombre des degrés et des minutes trouvés.

259. Il est nécessaire de faire observer ici que c'est sur le côté oriental de la méridienne que cet angle doit être construit, quand le cadran solaire dont on s'occupe est un cadran inférieur incliné déclinant de la première sorte. Ce même angle EOP devrait, au contraire, être construit sur le côté oriental de la méridienne, si le cadran solaire à construire, étant encore inférieur, se trouvait être un cadran incliné déclinant de la deuxième sorte. Dans le cas où le cadran solaire serait un cadran supérieur incliné déclinant de la troisième sorte, l'angle à construire devrait se faire à l'orient de la méridienne; tandis qu'on le devrait faire du côté opposé, si le cadran solaire, étant toujours supérieur, appartenait à la quatrième sorte des cadrans solaires déinclinés.

260. L'opération arrivée à ce point, on tire une ligne CD qui soit perpendiculaire au côté OP, et qui passe par un point quelconque C pris arbitrairement sur cette droite; on prolonge cette perpendiculaire jusqu'à sa rencontre, au point D, avec la ligne OE, on porte DC sur DG, de D en E; puis, du point E comme centre, avec ED ou DC pour rayon, on décrit une

circonférence de cercle D·12', 6·12 ; on la divise en 24 parties égales ; on joint par des droites, avec le point central E, chacun des points de la division 1, 2, 3, etc., et l'on prolonge toutes ces lignes E·1, E·2, E·3, etc., jusqu'à la ligne HH' menée par le point D perpendiculairement à la droite GE.

Si l'on joint alors avec le point O, les différents points *a*, *b*, *c*, *d*, etc., déterminés par cette opération, les droites que l'on obtiendra seront, pour l'avant-midi, autant de lignes d'heures telles que O·VII, O·VIII, O·IX, etc. Prolongées au-delà du point O, elles représenteront les heures opposées, c'est-à-dire les homologues de l'avant-minuit. Quant au reste des lignes relatives à la division du temps, elles se déterminent ainsi que les lignes des heures proprement dites, en suivant toujours la marche dont il a été plusieurs fois fait mention à propos des cadrans solaires précédents.

La ligne DG est la ligne des deux six heures, parce que AB est celle des deux douze heures ou la méridienne du cadran.

Les chiffres horaires s'écrivent le long des lignes horaires de cette espèce particulière de cadran, exactement de la même manière que celle qui a été employée pour tous les autres cadrans solaires.

ARTICLE II.

LIGNES DU ZODIAQUE, ILLUMINATION DU CADRAN ET POSAGE DU STYLE.

261. *Lignes du Zodiaque.* — Pour tracer les lignes du Zodiaque, on tire deux droites rectangulaires CO et CD (*fig.* 50-*b*) ; on prend la distance OC (*fig.* 50-*b*) égale à la ligne OC de la figure 50 ; on porte, à partir du point C, sur la ligne CD, des distances C*a*, C*b*, C*c*, etc., respectivement égales aux distances E*a*, E*b*, E*c*, etc., de la figure 50, et on joint le point O avec

chacun des points *a*, *b*, *c*...., ainsi obtenus sur la droite CD: les lignes droites ainsi déterminées font connaître à leur tour la position des lignes horaires par rapport à la droite OC, qui représente à la fois l'axe du Monde et celui du cadran.

Le reste de la construction relative aux lignes du Zodiaque se fait exactement de la même manière que celle dont il a été fait mention à propos des quatre sortes principales de cadrans déinclinés.

L'angle que le point du cadran solaire forme avec celui de l'équateur est déterminé par la grandeur de l'angle ODC.

262. *Illumination du cadran.* — L'échelle de l'illumination du cadran exceptionnel dont nous nous occupons, se construit aussi de la même manière que celle dont nous avons parlé à propos de toutes les sortes de cadrans inclinés déclinants. Le résultat en est indiqué sur la figure 50-*b*.

263. *Posage du style.* — Le style qui est attaché au point O doit y être fixé de manière à se trouver dans le plan vertical de la méridienne du cadran; à tomber perpendiculairement sur cette droite, et à former avec OE un angle égal à l'angle COD de la figure 50. Son extrémité P doit être tournée vers le nadir, si le cadran solaire est un cadran inférieur : elle doit au contraire se diriger vers le zénith, quand le cadran solaire est un cadran supérieur.

264. De la position qu'il faut donner au côté OP de l'angle POD que la méridienne inclinée fait avec le style, et par conséquent avec l'axe de la Terre, dépend uniquement l'indication de celui des deux pôles du Monde que regarde la surface du cadran solaire à construire.

Quand, pour des latitudes septentrionales, l'extrémité P de ce côté est tournée vers le nord, le plan du cadran solaire est tourné vers le pôle arctique. Si la même extrémité était tournée vers le midi, ou que l'ouverture O de l'angle POD fût tournée vers le sud, le plan du cadran solaire serait tourné vers le pôle antarctique.

Le contraire de tout ce que nous venons de dire a précisément lieu pour les latitudes méridionales.

265. Quelle doit être maintenant la position que doit avoir la surface du cadran solaire pour que son style ait bien exactement l'une ou l'autre des deux directions ci-dessus ? Pour répondre à cette question, il est nécessaire de se rappeler d'abord ce que nous avons déjà dit plus haut à ce sujet : il faut ensuite étudier avec attention ce que nous allons dire dans le chapitre suivant.

CHAPITRE IV.

EXPLICATIONS GÉNÉRALES DE TOUTES LES OPÉRATIONS INDIQUÉES POUR LA CONSTRUCTION DES CADRANS INCLINÉS.

266. La construction représentée par les figures 46-*a*, 47-*a*, etc., ainsi que leur exactitude, s'expliquent aisément au moyen de la figure 51.

Regardez-y le cercle GZYN comme représentant la méridienne d'un lieu Z ou N. Alors GOYW étant l'horizon de ce lieu, et si A'OQW représente le plan de l'équateur, la ligne PS sera l'axe de la Terre.

Supposant donc que HG'H'E' soit le plan du cadran solaire on aura GY pour méridienne horizontale, A'Q pour méridienne équinoxiale, et G'E' pour méridienne inclinée. La droite AM sera l'intersection du plan du cadran solaire et de l'horizon, ou la trace horizontale du cadran solaire ; HH' sera l'équinoxiale du cadran ou son intersection avec le plan de l'équateur.

Concluons-en que l'angle GCG', ou son égal YCE', est celui qui sert de mesure à l'inclinaison ; que ACG, ou son égal MCY, est celui qui sert de mesure à la déclinaison, et qu

GCA', ou son égal YCQ, est celui qui représente l'élévation de l'équateur au-dessus de l'horizon de Z ou de N.

267. Ces prémices posés, imaginons que, à partir du point R, pris à volonté sur la méridienne horizontale GY, on ait mené sur cette droite une perpendiculaire OE, et qu'on l'ait prolongée à la fois jusqu'à la méridienne inclinée, et jusqu'à la méridienne équinoxiale A'C.

Imaginons ensuite que, par le même point R, sur le plan horizontal, on ait tracé une droite RA perpendiculaire à la méridienne de ce plan et se prolongeant jusqu'au plan incliné AG'ME'.

Imaginons encore que par le point E, intersection de la perpendiculaire OE avec la droite A'C, on mène sur le plan de l'équateur une autre droite EH perpendiculaire à la ligne A'C, méridienne de ce plan.

Imaginons enfin qu'on prolonge cette dernière ligne EH jusqu'à la droite OH menée, sur le plan incliné, au travers des points O et A.

Si l'on joint alors le point C au point H ainsi déterminé, la droite HC fera connaître, relativement à cette intersection de l'équateur et du plan incliné, quelle est la position de l'équinoxiale du cadran solaire, aussi bien par rapport à la méridienne inclinée G'C que par rapport à la méridienne équatoriale A'C.

En effet, les deux points C et H se trouvant à la fois sur le plan de l'équateur et sur le plan incliné, il en résulte que, dans le triangle rectangle HEC, l'on connaît HE ainsi que EC; on connaît donc aussi HC, ainsi que l'angle HCE que l'équinoxiale HC' fait avec A'C.

De plus, il est évident que les lignes OC et OH sont déterminées par OE et AR. Il suit de là que dans le triangle OCH les trois côtés sont connus, ainsi que l'angle OCH que la méridienne inclinée OC forme avec l'équinoxiale HC.

268. En établissant la comparaison de la figure 51 avec les figures 46-*a* et 47-*a*, qui se rapportent à des cadrans solaires dont les plans ont des positions semblables par rapport aux deux plans de l'horizon et de l'équateur, on trouvera qu'on n'a fait, sur les figures auxiliaires 46-*a* et 47-*a*, que répéter le procédé que nous venons d'indiquer sur la figure 51.

En effet, l'angle OCR des figures 46-*a* et 47-*a* est l'angle OCR de l'inclinaison de la figure 51; l'angle ECR (*fig.* 46-*a* et 47-*a*) est l'élévation de l'équateur représenté ainsi par ECR sur la figure 51; l'angle ACR (*fig.* 46-*a* et 47-*a*) est l'angle de la déclinaison que représente aussi ACR sur la figure 51; la droite OE' (*fig.* 46-*a* et 47-*a*) est perpendiculaire sur RC, comme la droite OE l'est sur RC dans la figure 51.

Ajoutons que la droite AR (*fig.* 46-*a* et 47-*a*) a été menée perpendiculairement sur RC, en partant du point R sur les figures 46-*a* et 47-*a*, comme la droite AR l'a été sur la droite RC de la figure 51; que HE (*fig.* 46-*a* et 47-*a*) a été menée perpendiculairement à OE, et par le point E, comme HE par rapport à OE sur la figure 51.

Ajoutons encore que les lignes A'R et AR ont été déterminées sur les premières figures, comme AR sur la figure 51, et que le triangle rectangle HDE, sur les figures 46-*a* et 47-*a*, a été déterminé au moyen de EC et EH, comme le triangle HCE de la figure 51 l'a été lui-même au moyen des lignes homologues ou de même désignation.

Or, c'est par le moyen de ce triangle HDE que l'on a obtenu sur toutes les figures auxiliaires l'angle HDE; donc, sur toutes ces figures cet angle est précisément égal à HCE (*fig.* 51) que l'équinoxiale CH ou HH' forme avec la méridienne équinoxiale A'C.

269. Sur toutes les figures auxiliaires, dans le triangle OD'H, on a fait OD' = OC : on y a fait aussi HD' = HD, de même que sur la figure 51. Concluons-en que les lignes HO des

figures auxiliaires y sont précisément les mêmes que la ligne H O de la figure 51.

Il résulte de là que, sur les figures 46-*a* et 47-*a*, l'angle O D' H doit être exactement le même que l'angle O C H de la figure 51 : ce doit donc être, comme nous l'avons dit, l'inclinaison de la méridienne inclinée par rapport à l'équinoxiale H H'.

La moindre distance, occupée par les figures 49-*a* et 48-*a* mises en comparaison avec les figures 46-*a* et 47-*a*, dépend de la position du plan de l'équateur par rapport au plan incliné et par rapport à l'horizon, position qui n'est pas la même sur toutes les figures.

Que (*fig.* 51), à partir d'un point quelconque K de la méridienne inclinée G'C, on mène une perpendiculaire KB sur la méridienne équinoxiale A' C ; qu'on tire, à partir du point B, une droite BL qui soit perpendiculaire à la ligne HC, et qu'on joigne le point K au point L ainsi fixé, l'angle KLB sera celui que le plan du cadran solaire fait avec le plan de l'équateur, car alors les deux lignes KL et LB sont évidemment perpendiculaires sur HH', intersection mutuelle des deux plans.

270. C'est de la même manière que s'explique la construction, sur toutes les figures avec *a*, de l'angle que le plan du cadran solaire fait avec celui de l'équateur ; car, de la comparaison de toutes ces figures avec la figure 51, il résulte évidemment que la droite KB des figures auxiliaires est identique avec la ligne KB de la figure 51 ; DB l'est avec CB ; B'L = BL' l'est avec BL ; L'K l'est avec LK. Il n'y a de même aucune différence à établir entre l'angle K L' B des figures auxiliaires et l'angle KLB de la figure 51.

La même figure 51, sérieusement examinée, sert encore à expliquer de quel côté de la méridienne inclinée l'angle O D H des figures auxiliaires doit être porté, pour chacune des différentes positions du cadran solaire, et quelle doit être la position que le style doit avoir par rapport au cadran solaire.

De cet examen résultera donc, pour le lecteur, la confirmation de toutes les règles précédemment données. Il nous serait facile d'en conclure aussi des règles de calcul pour la détermination trigonométrique des lignes horaires; mais comme les cadrans inclinés sont fort peu employés, et que leur importance est toute théorique, nous avons pensé qu'il valait mieux terminer ici ce chapitre et passer de suite à un autre sujet.

---

271. La construction des cadrans verticaux dépend à la fois de la latitude géographique du lieu où l'on est et de la position du plan vertical du cadran solaire par rapport aux différentes régions du Ciel. Quand la latitude du lieu est connue, il ne reste donc plus qu'à fixer cette position du plan, ce qui se fait d'une manière analogue à celle que nous avons précédemment indiquée, à propos des cadrans solaires inclinés.

Supposons qu'une ligne horizontale soit tirée sur un plan vertical ; qu'on ait mesuré l'angle que cette droite forme avec la méridienne horizontale du lieu, et qu'on ait déterminé celui des points indiqués par la boussole vers lequel est alors tourné le plan vertical : il est clair que l'on connaîtra sa position par rapport au plan du méridien, aussi bien que par rapport aux différentes régions du Ciel.

272. Considérés sous le point de vue de la position de leur plan par rapport aux différentes régions du Ciel, on distingue deux grandes sortes de cadrans verticaux, savoir : les *cadrans verticaux sans déclinaison*, dont les plans sont perpendiculaires ou parallèles au plan du méridien, et les *cadrans verticaux déclinants*, dont les plans forment avec celui du méridien, des angles qui tombent entre 0 et 90°, ou bien entre 90 et 180°.

CHAPITRE PREMIER.

CADRANS VERTICAUX SANS DÉCLINAISON.

ARTICLE Ier.

273. Les cadrans verticaux de cette première sorte portent différentes dénominations qui ont pour objet de rappeler quelle

est la région du Ciel que regarde le plan : ainsi, par exemple, on appelle

Cadrans verticaux méridionaux, ceux dont les plans sont parfaitement tournés vers le midi ;

Cadrans verticaux occidentaux, ceux dont les plans sont parfaitement tournés vers l'occident ;

Cadrans verticaux septentrionaux, ceux dont les plans sont parfaitement tournés vers le nord ;

Cadrans verticaux orientaux, ceux dont les plans sont parfaitement tournés vers l'orient.

ARTICLE II.

CADRANS VERTICAUX DU MIDI.

274. *Lignes horaires.* — Pour tracer un cadran vertical de cette première espèce sur votre plan, qui doit être parfaitement d'aplomb et perpendiculaire à celui du méridien, commencez par tirer une verticale GE (*fig.* 52); puis, partant d'un point O, pris à volonté sur cette droite, formez un angle POE qui soit égal au complément de la latitude du lieu, en ayant soin de tourner son sommet saillant du côté du zénith, et, par conséquent, son ouverture du côté de la Terre.

Ensuite, à partir d'un point C, pris encore à volonté sur la droite PO, tirez à cette droite une perpendiculaire CD et prolongez-la jusqu'à sa rencontre avec la méridienne au point D.

Par le point D menez à votre méridienne verticale GE, la perpendiculaire DH : ce sera la moitié occidentale de l'équinoxiale du cadran solaire en question.

Cela fait, prenez sur la méridienne, au-dessous de l'équinoxiale, une longueur DE égale à DC; décrivez le quart de cercle DG, divisez-le en six parties égales, et par les points de division 1, 2, 3, 4 et 5, ainsi que par le centre E, menez des lignes E1, E2, E3, etc. : les points *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, suivant lesquels ces droites

rencontreront l'équinoxiale DH, appartiendront tous à des lignes d'heures ; et, en les joignant avec le point O, centre du cadran, on obtiendra les lignes horaires O·I, O·II, O·III, etc. Leurs symétriques O·XI, O·X, O·IX, etc., et leurs prolongements O·V', O·IV', etc., O·VII', O·VIII', etc., compléteront le tracé des lignes destinées à marquer les heures sur le cadran méridional.

275. *Remarque.* — Il résulte de ce qui précède, que la construction des cadrans verticaux de cette première espèce est, à l'exception toutefois de la valeur de l'angle C O D, exactement calquée sur celle du cadran horizontal. Cela tient à ce que les cadrans verticaux du midi ne sont pas autre chose que des cadrans solaires horizontaux relatifs à l'autre hémisphère terrestre, et construits pour une latitude géographique précisément égale au complément de la latitude du lieu du cadran vertical construit.

Il résulte de la même cause, que le reste de la construction des cadrans méridionaux, c'est-à-dire le tracé de toutes les lignes accessoires, se fera de la même manière que pour les cadrans solaires horizontaux relatifs à l'autre hémisphère terrestre. Ainsi, par exemple, la douzième heure, celle de midi, doit se trouver à celle des extrémités de la méridienne qui regarde le nadir. Quant à ce qui concerne l'indication des autres heures, nous n'avons rien de mieux à faire que de renvoyer le lecteur aux observations générales que nous avons déjà faites à ce sujet.

276. *Lignes zodiacales.* — Pour dessiner les lignes du Zodiaque, il n'y a encore qu'à suivre exactement la marche dont nous avons fait mention en parlant des cadrans solaires horizontaux construits pour l'hémisphère opposé. Tout cela résulte évidemment de la comparaison des *fig.* 52-*a* et 29-*a*.

Remarques. — L'angle que le plan d'un cadran vertical du midi forme avec celui de l'équateur céleste est toujours égal à l'angle ODC (*fig.* 52) que font entre elles la méridienne ver-

ticale du cadran et sa méridienne équatoriale. Il suit de là que cet angle est toujours égal à la latitude géographique du lieu.

Lorsque le cadran solaire est construit pour une latitude septentrionale, son plan doit être tourné vers le pôle antarctique : dans le cas contraire, c'est vers le pôle arctique que le cadran doit être tourné. Quant à la nature ou à la forme des lignes du Zodiaque, sur un cadran du midi, elle se détermine comme à l'ordinaire : il n'y a donc pas lieu de nous arrêter davantage snr ce sujet.

277. *Echelle d'illumination.* — La construction de l'échelle de l'illumination se fait aussi de la même manière que celle dont il a été fait mention à propos de la figure 29, ainsi que cela résulte évidemment de la comparaison des *fig.* 52-*a* et 29-*a*. Quant au nombre des lignes horaires qu'il faut marquer sur un cadran vertical du midi, il se détermine aisément, en mettant son échelle d'illumination en comparaison avec celle d'un cadran solaire horizontal qui serait construit pour une latitude égale.

278. *Posage du style.* — Quand tout ce qui est relatif au tracé géométrique du cadran se trouve achevé comme nous venons de le dire, on détermine, d'après le procédé connu, la longueur qu'il convient de donner à son axe, et on attache solidement cet axe au point O, en ayant soin que son extrémité P soit tournée vers le nadir; que sa direction OP fasse avec la méridienne verticale OE un angle POE égal à l'élévation de l'équateur du lieu, et qu'il se trouve bien exactement renfermé dans le plan du méridien; car c'est alors seulement qu'il est parallèle à l'axe de la Terre et que le point marqué *p*, sur la surface du cadran, engendre et décrit les lignes représentatives du Zodiaque.

Ici, d'après la position de l'axe du cadran, on doit voir que cette ligne matérielle produit son ombre la plus longue sur le plan vertical du cadran quand le Soleil est arrivé à sa position la plus élevée relativement à l'horizon du lieu, c'est-

à-dire quand il se trouve au signe du ♋ pour les latitudes septentrionales, ou qu'il se trouve au signe du ♑ pour des latitudes méridionales. C'est d'après la considération ci-dessus, que la position de l'analème a été fixée sur la figure 52-*a* et qu'elle se doit toujours déterminer dans toutes les circonstances semblables.

ARTICLE III.

CADRANS VERTICAUX DE L'OCCIDENT ET DE L'ORIENT.

279. *Lignes horaires.*— Pour dessiner un cadran occidental ou un cadran oriental, car leurs constructions se font de la même manière, commencez par tirer une horizontale A B (*fig.* 53) sur votre plan qui est supposé vertical et parfaitement bien tourné vers l'est ou vers l'ouest. Ensuite, à partir d'un point B, pris à volonté sur cette ligne, faites un angle ABF qui soit égal à l'élévation de l'équateur du lieu, en ayant soin que son sommet B soit tourné vers le nord et que son ouverture regarde le midi.

Prenant alors à volonté un point quelconque D sur la droite BF que vous venez de tracer, menez par ce point une ligne D G qui soit perpendiculaire à BF; puis, après avoir pris à volonté sur D G un point quelconque E, tirez, par ce même point E, une ligne 12·E·12 qui soit parallèle à FB, et décrivez, autour du même point, un demi-cercle 12·D·12 ayant son rayon égal à DE. Divisez alors ce demi-cercle en douze parties égales aux points 1, 2, 3, 4, etc.; faites passer des lignes droites à travers les points de la division et votre point central E; marquez les points d'intersection *a*, *b*, *c*, etc., de chacune de ces droites avec la ligne B F, et tirez, enfin, à travers tous ces points, des lignes I·I, II·II, etc., qui soient toutes parallèles à G D, et, par conséquent, perpendiculaires à BF: ces droites I·I, II·II, etc., seront les principales lignes horaires du cadran oriental ou du cadran occidental dont vous vous occupez.

Divisez ensuite, si vous le voulez, et comme vous le voudrez, les arcs des heures 1·2, 2·3, etc., et vous obtiendrez ainsi les lignes horaires qui sont en rapport avec la subdivision de vos arcs d'heures. Pour éviter un trop grand nombre de lignes sur le bord du cadran solaire, on ne les indique ordinairement que de la manière dont nous avons fait usage en exécutant la figure 53.

Quant à la manière de poser les chiffres des heures, voici d'après quelles considérations il faut se régler pour les bien écrire : que le cadran soit occidental ou bien oriental, la ligne GD est toujours la ligne de six heures. Ensuite, si le cadran est un cadran occidental, les points *f*, *g*, *h*, *i*, etc., correspondent respectivement aux lignes de sept, de huit, de neuf, de dix et de onze heures, tandis que les points opposés *e*, *d*, *c*, *b*, *a* correspondent respectivement aux lignes de cinq, de quatre, de trois, de deux et d'une heures. Si le cadran était un cadran oriental, ce serait exactement tout le contraire.

280. *Lignes zodiacales.* — Pour tracer les lignes du Zodiaque, commencez par tirer (*fig.* 53-*a*) une droite *p*D d'une longueur quelconque : prenez-y, à partir du point *p*, la distance *p*D égale à la ligne ED de la figure 53, puis la ligne *pf* égale à E*f* ou à E*c* de la figure 53, puis enfin la ligne *pq* égale à E*q* ou à E*d* de la même figure, etc.

Cela fait, à travers les points *f*, *g*, *h*, *i*, *h* que vous venez de fixer sur la figure 53-*a*, tirez des lignes 6·D·6, 7·*f*·5, etc., qui soient perpendiculaires à *p*D : ces lignes feront connaître la position des lignes horaires par rapport au point *p*. Dessinez ensuite, en partant de *p*, la figure connue de l'analème, en ayant soin que son sommet soit en *p*, et que sa médiane *pz* se confonde avec *p*D. Alors, marquant les points d'intersection *a'*, *a''*... *b'*, *b''*... *c'*, *c''*... etc., des différents rayons de l'analème avec les perpendiculaires à *p*D, ou avec les lignes horaires 6·D 6, 5·*e*·7, 4·*f*·8, etc., si vous tirez d'abord, à une distance quelconque du point D (*fig.* 53), une ligne droite qui

soit parallèle à BF et perpendiculaire aux lignes horaires, comme la ligne ♎ ♈, il ne vous restera plus qu'à porter ensuite, en partant de cette première ligne zodiacale, qui est droite sur tous les cadrans solaires, les distances des points a', a''..., b', b''..., c', c''..., au-dessus de la droite pz, ainsi que les parties $d'a'$.,.,.., $d'b'$..., sur les lignes qui appartiennent aux heures de la figure 53; car vous obtiendrez ainsi les points a', a''..., b', b''....., etc., qui déterminent les lignes zodiacales telles qu'elles sont tracées sur la figure 53, où l'on n'a fait que joindre, au moyen de courbes continues, les points qui sont déterminés, sur la figure 53-a, par un même rayon de l'analème.

281. Les caractères représentatifs des lignes du Zodiaque doivent se trouver accolés à ces lignes dans l'ordre que voici : à partir de la droite pz, celles des lignes zodiacales qui sont situées vers le zénith sont celles qui correspondent aux signes méridionaux du Zodiaque pour des latitudes septentrionales; celles d'entre elles qui sont situées vers le nadir sont, au contraire, les lignes du Zodiaque qui correspondent aux signes septentrionaux. Il suit de là que la ligne qui se trouve la plus voisine du zénith est celle du Capricorne (♑), et que celle qui se trouve la plus voisine du nadir est celle du Cancer (♋). Tout cela se fait voir en figure 53. Le contraire aurait lieu pour des latitudes méridionales.

282. *Remarque.* — Le cadran solaire étant situé dans le plan du méridien qui forme toujours un angle de 90° avec celui de l'équateur, il en résulte que l'angle que le cadran solaire forme avec le plan de l'équateur, est lui-même de 90°. Il suit de là que toutes les lignes du Zodiaque, à l'exception de celle de la Balance et du Bélier, sont des hyperboles.

283. *Echelle d'illumination.* — Nous n'avons pas construit d'échelle d'illumination pour les cadrans occidentaux et pour les cadrans orientaux, parce que leurs plans coïncident avec celui du méridien, et parce que, pour tous les points du Zodia-

que, le Soleil fait toujours son entrée dans les uns à la douzième heure de la nuit, et dans les autres à la douzième heure du jour. Il en résulte que l'illumination d'un cadran oriental commence à midi et qu'elle finit à minuit, quelle que soit, d'ailleurs, la durée de l'illumination de l'horizon, relativement à la latitude du lieu. Concluons-en qu'il faut marquer les lignes des heures de XII heures à XII heures, tant sur les cadrans orientaux que sur les cadrans occidentaux, pour toutes les latitudes relativement auxquelles le Soleil ne se couche pas pendant une partie de l'année.

Pour les latitudes inférieures, il suffit de marquer sur un cadran occidental les lignes horaires comprises entre la XIIe heure du jour jusqu'à celle qui correspond au moment où le Soleil se couche, à l'époque du jour le plus long de l'année. Sur un cadran oriental, il faut marquer, au contraire, les lignes horaires, depuis celle où le Soleil se lève, à l'époque du jour le plus long, jusqu'à celle de midi inclusivement. La XIIe ne se trouve pas marquée sur la figure 53, et cela devait être ainsi, puisque le Soleil se trouvant, à cette heure du jour, dans le plan même du cadran solaire, ses rayons se dirigent parallèlement à ce plan et ne peuvent, par conséquent, projeter aucune ombre sur sa surface.

Les demies, les quarts et les autres parties du temps relatives à cette douzième heure se laissent fixer et se déterminent d'une manière tout-à-fait semblable à celle dont il a déjà été fait plusieurs fois mention.

284. *Posage du style.* — Le cadran solaire entièrement tracé, on attache à la ligne DG deux tiges de fer CD et PG qui doivent être perpendiculaires sur le plan du cadran solaire. Ensuite on fixe, à des distances CD et PG, toutes deux égales à DE, une ligne matérielle PC qui soit parallèle à GD : cette droite sera parallèle à l'axe de la Terre; ce sera donc l'axe du cadran solaire.

Puisque, par rapport aux lignes horaires du cadran, la

droite CP occupe la même position que par rapport à celles du cadran universel que l'on suppose orienté sur le plan du cadran solaire en question, il est clair que le point *p* qui serait marqué sur cette ligne, perpendiculairement au-dessus de la ligne médiane ♎ ♈ (de la Balance et du Bélier), est et doit être précisément celui des points de l'axe parallèle qui décrit, sur la surface du cadran, les lignes du Zodiaque qu'on y voit marquées.

Quand on a eu le soin d'indiquer la division des heures sur les deux bords principaux du cadran solaire, il n'est pas nécessaire que l'axe CP soit plus long que la largeur même GD du cadran; car celui-ci fait connaître les heures, par le moyen de son bord septentrional, pour toutes les latitudes septentrionales, quand le Soleil se trouve au Capricorne (♑), et il les fait connaître, au contraire, au moyen de son bord méridional, quand le Soleil se trouve au Cancer (♋).

ARTICLE IV.

CADRANS VERTICAUX DU SEPTENTRION.

285. *Lignes horaires.* — La construction du cadran septentrional s'exécute exactement de la même manière que celle du cadran méridional, à l'exception d'une seule différence que voici : on commence par tirer sur le plan vertical, qui est parfaitement tourné vers le nord, une ligne EG (*fig.* 54) qui soit bien verticale ; puis, à partir d'un point O pris à volonté sur cette droite, on tire une droite OP de façon que l'angle POE soit égal à celui que l'axe de la Terre forme avec la partie septentrionale de la verticale du point de station. Cet angle est toujours égal à l'élévation de l'équateur sur l'horizon du lieu : en le dessinant, il faut avoir bien soin que son ouverture soit tournée vers le zénith.

Cela fait, par le point C, pris à volonté sur le côté OP de l'an-

gle qu'on vient de construire, on tire une ligne CD qui soit perpendiculaire à PO et qui aille jusqu'à la verticale EG. Il en résulte un point d'intersection D, à travers lequel on tire une ligne DH qui soit perpendiculaire à EG. Portant alors DC sur EG, à partir du point D, on détermine le point E, autour duquel on décrit le quart de cercle DF, par le moyen duquel les lignes des heures, des demies, des quarts, etc., se déterminant ensuite de la manière déjà plusieurs fois indiquée, on ne tarde pas à obtenir pour résultat final un cadran solaire tel que celui qui se fait voir sur la figure 54.

Les chiffres horaires doivent se placer aux lignes des heures, dans le même ordre que l'on a suivi pour les cadrans solaires précédents. O E est la ligne de minuit ; les heures de la matinée se trouvent sur le côté occidental de cette droite, et les heures de la soirée se trouvent, au contraire, sur le côté oriental de la même ligne.

286. *Lignes zodiacales.* — La construction des lignes du Zodiaque se déduit de la figure 55-*a*. En les établissant, il faut seulement observer que O P représente l'axe, et CD le plan d'un cadran équinoxial. L'analème doit donc être dessiné autour du point *p* pris à volonté sur l'axe, d'une façon telle que sa ligne la plus septentrionale, celle qui correspond au Cancer (♋), soit celle qui s'incline vers O, si, toutefois, le cadran solaire est destiné pour une latitude septentrionale. Dans le cas contraire, si le cadran solaire était destiné pour une latitude méridionale, ce serait le rayon le plus méridional *p* ♑ qui s'inclinerait vers O. Il suit de là que l'ordre des lignes zodiacales du cadran solaire doit être tel qu'on l'a établi sur la figure 54.

L'angle que le plan du cadran solaire fait avec celui de l'équateur, est égal à l'élévation du pôle ou bien à la latitude du lieu. Voilà pourquoi la forme des lignes du Zodiaque se peut encore déduire des tableaux n° I et II, annexés au n° 185.

287. *Echelle d'illumination.* — L'échelle de l'illumination se trouve en suivant la marche mentionnée par nous, à propos

de la figure 52; et, si l'on met celle-ci en comparaison avec celle d'un cadran horizontal construit pour une latitude semblable, on ne tarde pas à connaître que le nombre des lignes horaires qu'il faut marquer sur le cadran solaire est précisément celui qui se fait voir figure 54.

288. *Posage du style.* — Il faut que l'axe du cadran solaire soit attaché au point O d'une manière telle qu'il se trouve dans le plan vertical de la méridienne; que sa pointe P soit dirigée vers le zénith, et qu'il forme avec cette méridienne un angle P O E égal à l'élévation de l'équateur du lieu. Quand il est ainsi bien attaché, on marque sur sa longueur la distance O *p*, du point O au point *p*, qui décrit et engendre les lignes du Zodiaque.

CHAPITRE II.

CADRANS VERTICAUX QUI DÉCLINENT.

ARTICLE Ier.

CADRANS VERTICAUX DU SUD-EST.

289. *Lignes horaires.* — Quand la surface du plan vertical d'un cadran solaire est tournée vers une région du Ciel qui est située entre le sud et l'est, la construction de ce cadran se fait de la manière suivante :

On commence par tirer sur le plan incliné du cadran une droite G D' (*fig.* 55) qui soit bien verticale : ce sera la méridienne du cadran. A partir d'un point O pris à volonté sur cette droite, on tire une autre ligne O P, de façon que l'angle P O D' soit égal à celui que l'axe du cadran solaire doit faire avec G D', c'est-à-dire qu'il doit être égal à l'élévation de l'équateur. Il faut d'ailleurs que cet angle soit construit de façon que son sommet saillant soit tourné vers le zénith du lieu.

Cet angle fait, à partir du point C, pris à volonté sur son côté P O, on tire une droite C D qui soit perpendiculaire à P O et qui se prolonge jusqu'à la ligne G D' : cela détermine, sur cette droite, le point de rencontre D.

290. Pour trouver maintenant les angles formés par l'équinoxiale H H', soit avec la méridienne verticale du cadran déclinant, soit avec la méridienne du cadran équinoxial superposé, voici comment il faudra vous y prendre :

Tirez d'abord une ligne droite R C (*fig.* 55-*a*), et faites-y, en un point quelconque C, un angle R C A, précisément égal à celui que la méridienne horizontale du lieu formerait avec la trace horizontale de votre cadran. Construisez de même au point C, mais du côté opposé de R C, un angle E C R égal à l'élévation de l'équateur du lieu; et, par un point quelconque R, pris sur la ligne R C, menez, jusqu'aux deux côtés de ces deux angles, une ligne E A qui soit perpendiculaire sur R C : il en résultera que les points E et A seront déterminés. Alors, si, à partir du point A, vous tirez une ligne A E' qui soit pareillement perpendiculaire sur A C, et qui ait pour longueur la distance R E, et que vous joigniez, avec le point C, le point E' ainsi trouvé, en tirant pour cela la droite E'C, alors l'angle A E'C, que cette droite E' C forme avec A E', est précisément l'angle que la méridienne du plan déclinant fait avec la ligne H H', équinoxiale inconnue du cadran solaire en question.

Si vous tirez enfin, à partir de E, sur E C, une perpendiculaire E A', dont la longueur soit égale à la ligne R A, en joignant à C le point A' ainsi déterminé, c'est-à-dire en menant la droite A'C, l'angle A'C E, que cette droite forme avec E C, est celui que l'équinoxiale du cadran déclinant fait avec la méridienne du cadran universel auxiliaire.

291. Pour trouver, par le calcul, la valeur de l'angle A E' C que nous venons de déterminer graphiquement, il suffit de multiplier la tangente de l'élévation de l'équateur par le cosinus de la déclinaison du plan et de diviser le produit trouvé

par le rayon des Tables. Le résultat de cette dernière opération sera toujours égal à la cotangente de l'angle cherché.

Si on oubliait cette règle, on pourrait y suppléer aisément de la manière suivante :

Après avoir donné une valeur arbitraire à la droite R C, on calculerait la valeur de la ligne R E du triangle R C E, dont on connaît l'angle E C R qui est égal à l'élévation de l'équateur. On calculerait de même la longueur de la ligne C A du triangle R C A, dont on connaît l'angle A C R qui est égal à la déclinaison du cadran. De cette manière on connaîtrait les deux côtés C A et A E' = R E du triangle A C E'; rien ne serait donc plus facile que de calculer la tangente de l'angle A C E', ou la cotangente de l'angle A E' C que la méridienne du cadran fait avec son équinoxiale H H'.

Quant à l'angle A' C E, pour l'obtenir par le calcul, il faudrait chercher la valeur de la droite C E ainsi que celle de la ligne R A qui doit égaler E A'. De cette manière, on connaîtrait deux côtés du triangle A' E C; rien ne serait donc plus aisé que de déterminer la valeur numérique de l'angle A' C E. Cet angle, d'ailleurs, s'obtiendra toujours directement, en suivant la règle ci-dessous : multiplier la tangente de la déclinaison du cadran par le cosinus de l'élévation de l'équateur, et diviser le produit par le rayon des Tables : le résultat de cette seconde opération sera la valeur de la tangente de l'angle A' C E de la figure 55-*a*, ou de l'angle E D H de la figure 55.

292. Ces angles trouvés, sur le côté occidental de la méridienne verticale de votre cadran, faites au point D (*fig.* 55) un angle H D O qui soit égal à l'angle A E' C de la figure 55-*a*, en ayant soin que la saillie de cet angle regarde le nadir; alors, son côté H D sera votre équinoxiale H H'.

A partir du même point D, considéré maintenant comme appartenant à l'équinoxiale D H, formez enfin sur cette droite un angle H D E (*fig.* 55) qui soit précisément égal à l'angle A' C E de la figure 55-*a* : le côté D E de cet angle vous détermi-

nera, par rapport à l'équinoxiale HH', la position que doit occuper le rabattement, sur votre cadran, de la méridienne équatoriale du cadran universel explicatif.

Il en résulte que, si vous prenez (*fig.* 55) la ligne DE égale à la ligne CD, en décrivant autour du point E, ainsi trouvé, un cercle D·6·12, 6·D ayant pour rayon la ligne ED, et si vous le divisez, à partir de D, en 24 parties égales, en menant, du centre, des lignes droites à tous les points de la division 1, 2, 3, 4, etc., il ne restera plus qu'à marquer leurs points de rencontre avec HH'; à joindre ces points *a*, *b*, *c*, etc., avec le point O, par autant de lignes droites O*a*, O*b*, O*c*..., etc., et à les prolonger toutes de l'autre côté du même point central O. On aura ainsi déterminé toutes les lignes des heures O·I, O·II, O·III, etc.

S'il arrivait qu'une ligne quelconque de la division du cercle se trouvât être parallèle à HH', on obtiendrait la position de la ligne horaire correspondante, en menant par le point O une autre parallèle à l'équinoxiale HH'.

293. *Indication des heures.* — Pour ne pas vous tromper en écrivant, le long des lignes trouvées, le chiffre horaire qui correspondra à chacune d'elles, n'oubliez pas ce que nous allons dire : le chiffre de midi doit se trouver au bas de la méridienne; les heures du matin doivent être du côté occidental de cette droite, et les heures de la soirée doivent se trouver du côté opposé.

294. *Lignes zodiacales.* — La construction des lignes du Zodiaque se détermine au moyen de la figure 55-*b*, et, en les dessinant, il faut observer les mêmes règles que celles dont nous avons fait mention en parlant du cadran vertical du midi.

295. L'angle que le plan du cadran solaire de la figure 55 forme avec celui de l'équateur céleste, se détermine au moyen de la figure 55-*a*, en opérant comme nous allons dire : à partir d'un point quelconque B, pris à volonté sur la droite EC, qui forme avec BC un angle égal à l'élévation de l'équateur du

lieu, tirez une ligne B L qui soit perpendiculaire sur A' C, formant avec E C l'angle E C A' égal à l'angle E D H de la figure 55.

Menez ensuite, à partir de C, une droite C O qui fasse avec C E un angle O C E précisément égal à la latitude du lieu : cette ligne C O sera perpendiculaire sur R C.

A partir du point B, menez encore une autre droite B K, qui soit, elle, perpendiculaire à E C, et marquez bien son point d'intersection K avec la droite C O. En portant alors, à partir de B, sur E C, la distance B L, de B en L', si vous joignez le point K au point L' ainsi trouvé, en traçant pour cela la droite L' K, vous obtiendrez au point L' un angle B L' K : ce sera l'angle que le plan du cadran solaire fait avec celui de l'équateur, c'est-à-dire, l'angle qu'il faudra chercher sur les tableaux I ou II annexés au n° 185, pour y apprendre quelle doit être la nature de chacune des lignes du Zodiaque.

Pour ne pas grossir inutilement ce volume, nous ne croyons pas devoir donner ici de règle pour trouver cet angle par le calcul. Cette opération d'ailleurs ne présente aucune difficulté.

296. *Illumination du cadran.* — L'échelle de l'illumination se détermine de la même manière que nous l'avons fait jusqu'à présent pour tous les cadraus solaires dont les plans ne sont pas situés parallèlement à leurs styles. Quant au nombre des lignes horaires qu'il faut tracer sur le cadran, il se trouve en comparant cette échelle de l'illumination avec celle du cadran solaire horizontal relatif à la latitude du lieu.

297. *Posage du style.* — L'axe ou style, dont la longueur se détermine comme à l'ordinaire, doit être attaché au point O, de manière à former, avec la méridienne verticale, un angle P O C précisément égal à l'élévation de l'équateur du lieu. Pour la figure 55, cet angle est de 38° 57'; il doit se trouver dans le plan du méridien du cadran solaire, et son extrémité P doit être dirigée vers le nadir.

298. Afin de donner au style la position ci-dessus indiquée, voici pour l'ordinaire comment on s'y prend : on commence

par construire l'angle R O E (*fig.* 55) égal à l'angle R C E (*fig.* 55-*a*), que l'axe E C (*fig.* 55-*a*) ou P O (*fig.* 55) forme avec la méridienne verticale R C ou R O.

Ensuite, à partir d'un point quelconque R (*fig.* 55-*a*), pris à volonté sur la ligne R C, on tire une autre ligne R E qui soit perpendiculaire à cette droite et qui se prolonge jusqu'à la ligne E C : le point E se trouve ainsi déterminé. Alors, au même point R, on forme, avec la ligne E R, un angle E R F qui soit égal à R C A, qui est la déclinaison du cadran solaire. Par le point E, on mène, sur la ligne R F, second côté de cet angle, une perpendiculaire E F.

Prenant enfin la distance O R (*fig.* 55) égale à la ligne R F (*fig.* 55-*a*), si l'on tire, à travers le point R, et sur le côté occidental de la méridienne verticale, une droite R F' qui lui soit perpendiculaire ; qu'à partir du point R, on porte sur celle-ci une distance R F (*fig.* 55) précisément égale à la droite R F (*fig.* 55-*a*), il ne restera plus, pour terminer le posage de l'axe, qu'à établir au point F, trouvé comme il vient d'être dit, un sous-style, que nous appellerons F F', qui soit perpendiculaire au plan du cadran, en veillant bien à ce que le point F', c'est-à-dire l'extrémité qui est la plus éloignée du cadran, s'en trouve à une distance égale à la ligne F E de la figure 55-*a* ; car alors cette extrémité F' du sous-style est un point d'appui par lequel le vrai style du cadran doit passer, en même temps que par le point O, pour être à la fois parallèle à l'axe de la Terre et situé entièrement dans le plan du méridien relatif au cadran solaire.

Tout cela fait, on marque, sur l'axe qu'on vient de poser, le point *p*, qui décrit les lignes du Zodiaque, et dont la distance au point O se détermine d'après la figure 55-*b*.

ARTICLE II.

CADRANS VERTICAUX DU SUD-OUEST.

299. La construction des cadrans solaires dessinés sur les plans verticaux déclinants du sud-ouest, s'exécute à peu près de la même manière que celle des cadrans solaires déclinants du sud-est. Il n'existe guère, entre les deux séries d'opérations, que la différence suivante :

Ce n'est pas, comme pour ceux-ci, sur le côté occidental de la méridienne verticale, mais bien du côté opposé de cette droite, que l'on doit construire l'angle HDO que l'équinoxiale HH', forme avec la méridienne du cadran. Quant à cet angle, dont l'ouverture doit être tournée par en haut, il se construit exactement de la même manière que celle qui a été employée précédemment.

Il suit de là, qu'après avoir trouvé l'angle HDO, et après l'avoir transporté au point D, sur le côté oriental de la méridienne du cadran, on doit exactement répéter la construction dont il a été fait mention à propos de la figure 55.

L'axe d'un cadran déclinant du sud-ouest s'attache à son plan de la même manière que quand il s'agit d'un cadran déclinant du sud-est. La seule différence qui existe entre ces deux opérations consiste en ce que le sous-style FF' doit être attaché sur le côté oriental, et non sur le côté occidental de la méridienne du cadran. Tout le reste doit s'exécuter, d'ailleurs, ainsi que nous l'avons prescrit à l'occasion de la figure 55.

ARTICLE III.

CADRANS VERTICAUX DU NORD-EST.

300. *Lignes horaires.*—Supposons maintenant que la surface du plan vertical du cadran solaire soit tournée vers une ré-

gion du Ciel comprise entre le nord et l'est; voici comment on peut alors dessiner ce cadran solaire :

On commence par tirer sur le plan déclinant (*fig.* 56) une ligne verticale D'G; puis on forme, en un point quelconque O, pris à volonté sur cette droite, l'angle POD que le style du cadran solaire doit former avec sa méridienne, en se rappelant pour cela que cet angle est précisément égal à l'élévation de l'équateur du lieu.

En dessinant cet angle, il faut veiller à ce que son ouverture soit tournée vers le zénith.

Ensuite, par un point quelconque C, pris à volonté sur le côté PO de cet angle, on mène une droite qui soit perpendiculaire à PO, et on la prolonge jusqu'à la méridienne, ce qui détermine, sur la partie septentrionale de cette droite, le point de rencontre ou d'intersection D.

On passe enfin à la recherche de l'angle AE'C (*fig.* 56-*a*) que l'équinoxiale inconnue du cadran doit faire avec la méridienne du plan vertical. Cet angle se déduit de la figure 56-*a* de la même manière que l'angle pareil de la figure 55 a été déduit de la figure 55-*a*. Cette similitude entre les deux systèmes d'opérations se reconnaît aisément, quand on compare la figure 56-*a* avec la figure 55-*a*, où les lignes et les angles indiqués pour les mêmes caractères ont aussi la même signification.

Si donc, au point D de la méridienne D'G (*fig.* 56), et sur le côté occidental de cette droite, on fait un angle GDH égal à l'angle AE'C de la figure 56-*a*, en ayant soin d'en tourner l'ouverture vers le nadir; en prolongeant le nouveau côté DH de cet angle de l'autre côté du point D, on connaîtra la position de l'équinoxiale HH'.

Que l'on fasse alors, au même point D de cette équinoxiale, et encore sur le côté occidental et vers le nord de la méridienne, un angle HDE (*fig.* 56) égal à l'angle ECA' de la *fig.* 56-*a*, le second côté DE de cet angle fera connaître la po-

sition de la méridienne rabattue du cadran universel hypothétiquement superposé.

301. Cette direction établie, à partir du point D, on porte sur DE une distance DE égale à DC, et l'on décrit autour du point E ainsi trouvé, avec un rayon égal à DC, une circonférence de cercle que l'on divise en douze parties égales, à partir du point D. Par ce moyen, les lignes des heures sont trouvées, de la même manière que pour la figure 55, et comme on peut les voir indiquées sur la figure 56.

La douzième heure de la nuit se trouve au zénith de la méridienne ; les heures du matin sur le côté occidental, et les heures du soir sur le côté oriental de la même ligne, ainsi qu'on le voit encore sur la même figure.

302. *Lignes zodiacales.* — Les lignes du Zodiaque se construisent de la même manière que pour les cadrans verticaux déclinants dont nous nous sommes occupé en premier lieu. On peut s'en convaincre en comparant les figures auxiliaires 56-*b* et 55-*b* avec les figures principales 56 et 55.

Quant à la position qu'il convient de donner à l'analème qui sert de base à la figure 56-*b*, pour la déterminer, nous n'avons rien de mieux à faire que de renvoyer le lecteur à ce que nous avons dit à ce sujet, dans le chapitre précédent, à propos du cadran vertical septentrional non déclinant.

303. L'angle BL'K (*fig.* 56-*a*) que le plan de l'équateur fait avec celui du cadran solaire, se détermine de la même manière que pour la figure 55. Il suffira, pour s'en convaincre, de faire les comparaisons de la figure 56-*a* avec la figure 55-*a*.

Cet angle connu, c'est par son moyen que l'on peut chercher quelle doit être la forme des lignes du Zodiaque pour des latitudes septentrionales, en consultant le premier des deux tableaux annexés au nº 185. S'il s'agissait de latitudes méridionales, on trouverait ce que l'on cherche en consultant le tableau nº II.

304. *Echelle d'illumination.* — L'échelle de l'illumination

se construit de la même manière que celle dont il a été fait mention à propos de la figure 55-*b*. En la comparant avec celle du cadran horizontal correspondant au même lieu, on trouve aisément quelles sont les lignes horaires qui doivent être conservées sur le cadran solaire.

305. Quand ce cadran solaire est entièrement dessiné, on y attache le style au point O, en ayant soin qu'il forme avec la partie septentrionale de la méridienne un angle P O D qui soit égal à l'élévation de l'équateur du lieu; qu'il ne sorte pas de la surface du méridien, et que son extrémité P soit dirigée vers le zénith.

Pour lui donner cette position, on se sert du même procédé que celui dont il a été question à propos de la figure 55, c'est-à-dire qu'on fixe pour O R la grandeur de cette ligne ainsi que la longueur du sous-style F F' (*fig.* 56). On répète pour cela littéralement, sur le côté occidental de la méridienne et au-dessus du point O, une construction parallèle à celle dont il a été fait mention à propos de la figure 26.

ARTICLE IV.

CADRANS VERTICAUX DU NORD-OUEST.

306. Les opérations précédemment indiquées pour la construction des cadrans verticaux déclinants du nord-est, peuvent servir aussi pour la construction des cadrans déclinants du nord-ouest. Il n'existe entre ces deux systèmes de construction que la différence suivante :

Pour les cadrans déclinants du nord-est, l'angle H D O (*fig.* 56), qui est égal à l'angle A E' C de la figure 56-*a*, a été décrit au point D sur le côté occidental de la méridienne. Pour les cadrans du nord-ouest, on doit, au contraire, tracer cet angle du côté opposé de la même ligne.

Quant à l'angle E D H que la méridienne équinoxiale forme avec l'équinoxiale D H, il doit se trouver construit au même point D, sur le côté de cet angle qui n'est pas vertical.

A cette exception près, la détermination de la position de l'axe ne se fait pas d'une autre manière que précédemment, c'est-à-dire que le support F F' est attaché perpendiculairement sur le plan du cadran solaire du côté oriental de la méridienne. La position de ce support, par rapport à la méridienne, ainsi que la grandeur, se détermine toujours de la même manière que pour les cadrans déclinants dont nous avons parlé d'abord; c'est l'extrémité F' du style et le point central O qui déterminent ensemble la direction de l'axe. Tout le reste des opérations relatives aux cadrans déclinants du nord-ouest s'exécute littéralement comme quand il s'agit d'un cadran vertical déclinant du nord-est.

CADRANS POLAIRES.

---

307. Les cadrans polaires font connaître la division naturelle du temps par le moyen de l'ombre que leur style, qui est parallèle à l'axe de la Terre, projette sur les lignes d'un plan parallèle au même axe.

Ces cadrans étant à la fois parallèles à l'axe de la Terre ainsi qu'à leur style, doivent avoir leurs plans dirigés vers les pôles du Monde. Ils conservent donc la même position relative sous toutes les latitudes : voilà pourquoi les cadrans polaires de tous les pays se ressemblent.

Les seules différences qui peuvent exister entre deux cadrans polaires, résultent toujours ou de la grandeur de l'angle que le méridien du lieu forme avec leurs plans, ou de la région du Ciel vers laquelle ils se trouvent tournés : ce sont aussi là les deux éléments principaux qui président à leur construction.

308. Pour reconnaître si un plan que l'on suppose placé de manière à passer par les pôles du Monde, est bien véritablement parallèle à l'axe de la Terre, il faut commencer par tracer la méridienne de ce plan et mesurer l'angle que cette méridienne forme avec la méridienne horizontale du lieu. Si cet angle est précisément égal à l'élévation du pôle, c'est-à-dire à la latitude du lieu, le plan dont on s'occupe est un *plan polaire*, autrement dit un plan qui passe par les pôles du Monde, toutes les fois qu'il regarde une région secondaire du Ciel, ou, qu'étant vertical, il est exactement tourné vers l'une des deux régions cardinales de l'orient ou de l'occident.

Quant à l'angle que forme, avec le méridien d'un lieu, la surface d'un plan reconnu polaire, pour le trouver, tracez une

droite qui soit perpendiculaire à la méridienne de votre surface; sur cette ligne placez votre inclinatorium (*fig.* 42) dans une position exactement perpendiculaire à votre plan, et tournez ensuite la règle armée du nonius jusqu'à ce que le niveau à bulle d'air vous ait annoncé que ses bords supérieur et inférieur se trouvent tous les deux parallèles à l'horizon. Comptez alors combien il y a de degrés, de minutes, etc., d'interceptés sur le limbe par le nonius de la règle, et soustrayez le nombre trouvé des 90 degrés du quart de cercle : le reste sera la mesure de l'inclinaison de votre plan polaire sur le plan du méridien, et l'examen de la boussole mise en *h* (*fig.* 42) vous fera connaître en même temps la région du Ciel vers laquelle est tourné le plan qui vous occupe.

309. *Classification des cadrans polaires.* — Considérés sous le rapport de l'inclinaison qui existe entre le méridien et leurs tables, on distingue deux sortes de cadrans polaires.

Ceux de la première sorte ont leur table parallèle ou perpendiculaire au plan du méridien. On le reconnaît à ce que l'inclinaison mesurée se trouve être égale à 0 ou à 90 degrés. Ces cadrans se nomment simplement polaires.

Dans ceux que l'on appelle polaires déclinants, c'est-à-dire, dans les polaires de la deuxième sorte, les tables forment avec le plan du méridien des angles égaux à plus ou à moins de 90 degrés.

CHAPITRE PREMIER.

CADRANS POLAIRES NON DÉCLINANTS.

ARTICLE Ier.

310. Considérés sous le point de vue de la région du Ciel regardée par leur table, on a coutume de compter quatre espèces de cadrans simplement polaires. Ce sont :

1° *Les cadrans polaires méridionaux, ou du midi*, qui sont des cadrans inclinés supérieurs dont les plans sont exactement tournés vers le sud ;

2° *Les cadrans polaires occidentaux, ou de l'ouest*, qui sont des cadrans verticaux dont les plans sont exactement tournés vers l'occident ;

3° *Les cadrans polaires septentrionaux, ou du nord*, qui sont des cadrans inclinés inférieurs dont les plans sont exactement tournés vers le nord ;

4° *Les cadrans polaires orientaux, ou de l'est*, qui sont des cadrans verticaux dont les plans sont exactement tournés vers l'orient.

La construction de chacune de ces quatre espèces de cadrans simplement polaires ne présente aucune difficulté sérieuse, ainsi que nous allons le voir.

ARTICLE II.

CADRANS POLAIRES DU MIDI.

311. *Lignes horaires.* — Pour construire un cadran polaire méridional, sur votre plan polaire (*fig.* 57), tracez d'abord une méridienne GD; menez-lui une perpendiculaire HH'; prenez à volonté sur votre méridienne un point quelconque E, et décrivez autour de ce point, avec un rayon égal à la droite ED, une demi-circonférence de cercle : cette demi-circonférence touchera la droite HH' en un certain point D. Divisez alors en douze parties égales la demi-circonférence que vous venez de tracer ; faites passer des droites par le point E et par les différents points de division 6, 7, 8, etc., que vous venez d'obtenir; prolongez toutes ces droites jusqu'à l'équinoxiale HH', et, par chacun des points de rencontre ou de section *a*, *b*, *c*, etc., menez une perpendiculaire à l'équinoxiale : ces lignes, qui seront toutes parallèles à GD, seront les lignes

horaires de votre cadran. Mettez-y donc vos chiffres d'heures, en ayant soin que le chiffre XII corresponde à la méridienne, que les heures du matin soient à l'occident, et que les heures du soir soient à l'orient de la même droite.

312. *Lignes du Zodiaque.* — Pour tracer ces lignes, on se sert de l'analème représenté par la figure 57-*a*. On y porte, à partir du sommet *p*, sur la ligne médiane *p* ♈ ou *p* ♎, les distances *pa*, *pb*, *pc*, etc., précisément égales aux longueurs E*a*, E*b*, E*c* mesurées sur la figure 57. Ensuite, par chacun des points *a*, *b*, *c*, *d*, etc., ainsi trouvés et confondus avec ceux que détermineraient les points *f*, *g*, *h*, etc., de la figure 57, on tire les différentes lignes 1·11, 2·10, 3·9, etc., perpendiculairement sur la ligne médiane de l'analème.

On marque alors bien exactement les points de rencontre de ces perpendiculaires avec les rayons des signes du secteur ♋ *p* ♑, et, à une distance quelconque du bord du cadran solaire, on tire une droite qui soit perpendiculaire à la direction commune de toutes les lignes horaires : ce sera la ligne ♈ ♎ de la figure 57.

Cela fait, à partir de cette droite ♈ ♎, et sur les lignes qui représentent les heures, on porte successivement chacune des distances *d'a'*, *d'b'*, *d'c'*, etc., *d''a''*, *d''b''*, *d''c''*, etc., qui se trouvent sur la figure 57-*a*, entre la médiane de l'analème et les points *a'*, *b'*..., *a''*, *b''*..., *a'''*, *b'''*, etc. Il ne reste plus alors qu'à faire passer des courbes continues par tous les points *a*, par tous les points *b*, etc.; car ces courbes seront précisément les lignes zodiacales du cadran polaire.

Pour y bien appliquer les signes indicatifs, il ne faut pas oublier, si vous opérez dans l'hémisphère septentrional, que c'est la ligne solsticiale du Capricorne (♑) qui doit être le plus au nord de la ligne des équinoxes représentée par la droite ♎ ♈. Le contraire aurait exactement lieu si vous opériez dans l'autre hémisphère.

Les lignes solsticiales convenablement placées, l'ordre

des autres lignes ne présente aucune difficulté, puisqu'il est une conséquence nécessaire de la position relative des différents rayons de l'analème.

Le plan de l'équateur étant perpendiculaire, ou faisant un angle de 90° avec celui du cadran solaire, si l'on se rapporte à l'un des tableaux n^os I et II annexés au n° 185, on y trouve que, dans le cas qui nous occupe, toutes les lignes du Zodiaque, à l'exception de celle (♎♈) des équinoxes, doivent être des hyperboles.

313. *Echelle de l'illumination.* — Nous n'avons pas fait ici d'échelle pour l'illumination du cadran solaire, parce que, pour chaque signe du Zodiaque, c'est à la même heure que le Soleil commence et qu'il termine l'illumination du cadran construit. Pour trouver cette heure, par le point E (*fig.* 57), dessinez une droite qui soit parallèle à l'equinoxiale HH' : cette ligne rencontrera les lignes zodiacales en des points qui, projetés sur HH', vous détermineront l'époque précise où peut commencer, le matin, et se terminer, le soir, le travail de l'illumination solaire. On reconnaît ainsi que, sur les cadrans polaires méridionaux, c'est à six heures du matin que le Soleil peut commencer à se montrer, comme c'est jusqu'à six heures du soir qu'il peut continuer de les éclairer. On devra donc marquer sur un cadran polaire de cette espèce toutes les lignes horaires qui se trouvent comprises entre la sixième du matin et la sixième du soir, à moins toutefois que l'on ne soit autorisé à en agir autrement par l'examen de l'échelle d'illumination du cadran solaire horizontal destiné pour le même lieu.

314. *Posage du style.*—Après avoir attaché au plan du cadran solaire deux montants parallèles PG et CD, tous deux égaux à la ligne ED et tous deux perpendiculaires au plan du cadran, prenez un troisième ferret PC et fixez-le solidement aux extrémités P et C des deux premiers : ce troisième ferret ainsi posé sera le style ou l'axe de votre cadran polaire ; car, étant parallèle à la méridienne et situé dans le plan vertical de cette

droite, il est évidemment parallèle à l'axe du Monde. Il ne reste plus, pour l'opérateur, qu'à déterminer le point qui se trouve correspondre perpendiculairement à l'intersection de la méridienne et de la ligne des équinoxes (♎♈); car ce point, le point p sur la figure, sera le point générateur supposé des lignes zodiacales.

Le procédé que nous venons d'indiquer ci-dessus se démontrerait aisément en supposant un cadran universel orienté sur le plan du cadran polaire.

ARTICLE III.

CADRANS POLAIRES DE L'EST, DE L'OUEST ET DU NORD.

315. *Cadrans de l'est et de l'ouest.* — Les cadrans polaires de ces deux espèces étant de véritables cadrans verticaux orientaux ou occidentaux, il est évident que leur construction ne diffère en rien de celle dont il a été fait mention à propos de la figure 53.

Cadrans du nord. — Le cadran polaire septentrional (*fig.* 58) n'est pas autre chose qu'un cadran polaire du midi dessiné perpendiculairement au méridien sur un plan polaire tourné vers le nadir. Ce que nous disons ici devient manifeste par la comparaison des figures 58 et 58-*a* avec les figures 57 et 57-*a*. Concluons-en qu'on doit appliquer aux cadrans du nord tout ce que nous avons dit à propos de ceux du midi. N'oublions pas néanmoins que la ligne de midi de la figure 58 doit y prendre la place de la ligne de minuit sur la figure 57, et que cette ligne de minuit ne se doit marquer sur les cadrans, que quand ils sont destinés à des lieux où, pendant une partie de l'année, il peut arriver au Soleil de rester plus d'un jour entier sur l'horizon, circonstance dont on peut aisément s'instruire en consultant les échelles d'illumination pour les cadrans horizontaux relatifs aux différentes latitudes possibles (de 0° à 90°).

CHAPITRE II.

CADRANS POLAIRES DÉCLINANTS.

ARTICLE Ier.

316. Nous avons établi, pour les cadrans polaires de cette deuxième sorte, une classification qui repose sur la position occupée par leurs plans. Leur construction ne dépend pourtant pas immédiatement de la région du Ciel vers laquelle leurs plans sont tournés. Quelle que soit cette région, les opérations à exécuter sont toujours les mêmes ; aussi n'en ferons nous ici le détail que rapport à deux des principales régions secondaires.

ARTICLE II.

CADRANS DÉCLINANTS DU SUD-EST ET DU SUD-OUEST.

317. Pour construire un cadran polaire dont le plan est tourné vers une partie quelconque des régions du Ciel qui se trouvent entre le sud et l'est, commencez par faire au point G (*fig.* 59), intersection de la méridienne G D avec l'équinoxiale H H', et sur le côté occidental de la méridienne, un angle H G E qui soit égal à la déclinaison de votre plan polaire. Cette déclinaison, c'est-à-dire l'angle compris entre le cadran et le méridien du lieu, se détermine d'ailleurs ainsi que nous l'avons expliqué plus haut pour un cas semblable.

Cet angle construit sur la ligne G E, prenez à volonté un point quelconque E ; puis, du point E comme centre, avec un rayon égal à E G, décrivez une circonférence et divisez-la bien en 24 parties égales.

Ensuite, par le point E, à travers les points de division 1, 2, 3, etc., tirez les lignes E·1, E·2, E·3, etc. : ces lignes prolongées jusqu'à l'équinoxiale H H' y détermineront les points *a*,

b, *c*, *f*, *g*, *h*, par lesquels il vous faut enfin mener des parallèles à la méridienne, pour avoir construit les lignes horaires ou les principales lignes de votre cadran.

Le reste des opérations nécessaires à sa complète terminaison, s'exécute exactement d'une manière pareille à celle dont il a été fait mention à l'occasion des cadrans méridionaux. On peut s'en convaincre aisément, en établissant la comparaison des figures 59 et 59-*a*, avec les figures 57 et 57-*a*.

Par rapport au style, il faut cependant remarquer que les deux ferrets CD, PG, dont la longueur est toujours égale au rayon ED, doivent être établis verticalement à l'aplomb des points D et G de la méridienne du cadran. Quant au point *p* qui décrit les lignes du Zodiaque, c'est exactement comme dans les autres cas qu'il se détermine.

Au moyen des prescriptions ci-dessus, on pourra toujours construire un cadran polaire déclinant dont la surface est tournée vers une région du Ciel située entre le sud et l'est. Il en serait encore de même s'il s'agissait d'un cadran polaire déclinant du sud-ouest ; seulement, dans ce dernier cas, l'angle HGE devrait être construit du côté opposé, c'est-à-dire du côté occidental de la méridienne GD.

ARTICLE III.

CADRANS DÉCLINANTS DU NORD-EST OU DU NORD-OUEST.

318. Quand le cadran polaire dont on s'occupe se trouve tourné vers l'une des deux régions du Ciel indiquées par ces titres, il faut encore exactement suivre les règles indiquées pour la construction de la la figure 59, en ayant soin toutefois de faire l'angle HGE sur le côté occidental de la méridienne, si le cadran déclinant est un cadran du nord-est. Ce serait du côté opposé, c'est-à-dire sur le côté oriental de la méridienne, qu'il faudrait, au contraire, tracer cet angle HGE, si le cadran déclinant était un cadran du nord-ouest.

CHAPITRE III.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES CADRANS DONT LE STYLE EST PARALLÈLE A L'AXE DE LA TERRE, ET SUR LA MANIÈRE D'APPLIQUER LE CALCUL A LA CONSTRUCTION DE TOUS LES CADRANS.

ARTICLE Ier.

319. En établissant la comparaison des cadrans polaires avec les autres cadrans solaires précédemment étudiés, on ne tarde pas à s'apercevoir que les cadrans polaires ne sont pas autre chose que des cadrans horizontaux établis pour une latitude égale à zéro, qui est celle de tous les lieux exactement situés sur l'équateur. A cette latitude, en effet, le style doit faire avec la méridienne du cadran horizontal un angle égal à zéro, il doit donc être parallèle à l'horizon du lieu. Or, l'horizon de tous les lieux situés sous l'équateur terrestre est toujours un plan polaire, puisqu'il passe par les pôles du Monde ; donc les cadrans horizontaux construits pour l'équateur sont de véritables cadrans polaires.

Les cadrans polaires terminent la première et la principale série des cadrans solaires : on appelle ainsi la réunion des cadrans solaires dont le style est parallèle à l'axe de la Terre. Il ne nous reste plus qu'à nous occuper des cadrans azimutaux ; mais, auparavant, remarquons que, d'après ce que nous avons dit jusqu'à présent, on peut établir, pour tous les cas examinés, la solution générale suivante :

Pour construire un cadran solaire, déterminez d'abord la latitude géographique du lieu, c'est-à-dire la hauteur du pôle au-dessus de l'horizon(1). Regardez ensuite si le plan de votre

(1) Cette latitude peut se trouver au moyen d'une bonne carte. Quand le lieu dont il s'agit n'est pas distant de 3 ou de 4000 mètres d'un autre lieu dont on connait la lati-

cadran est parfaitement horizontal, vertical ou incliné. La position horizontale se reconnaît au moyen d'un niveau, et la position verticale au moyen d'un fil-à-plomb. Les plans qui ne sont ni horizontaux ni verticaux sont tous inclinés.

Quand le plan est horizontal, construisez le cadran solaire d'après les règles prescrites pour les cadrans horizontaux ; et s'il est exactement vertical, cherchez d'abord quelle est sa position par rapport aux différentes régions du Ciel. Ensuite, suivant les différents cas qui peuvent se présenter, servez-vous de l'une des règles prescrites, soit pour les cadrans sans déclinaison, soit pour les cadrans qui déclinent. Si le plan n'était ni horizontal ni vertical, il vous faudrait mesurer son inclinaison et sa déclinaison; puis, selon la région du Ciel vers laquelle il est tourné, il faudrait lui faire l'application de l'une des règles données à l'occasion des cadrans inclinés non déclinants ou déclinants.

Cela posé, examinant plus à fond les divers cadrans solaires de notre première catégorie (1), nous reconnaîtrons bientôt que c'est le cadran universel qui leur sert de base à tous, puisque, rien qu'en l'orientant sur le plan d'un autre cadran solaire, sa disposition suffit pour déterminer la construction de celui-ci. Nous reconnaîtrons encore que les cadrans d'une espèce pour un lieu sont, pour un autre lieu, des cadrans d'une autre espèce ; car le cadran équinoxial est un cadran horizontal pour les pôles; le cadran horizontal pour une latitude septentrionale est un cadran méridional incliné, ou bien un cadran vertical pour une autre latitude septentrionale, etc., etc.

Il suit de là que tout cadran solaire de la première catégorie peut être employé pour toutes les latitudes du même hémi-

tude, on peut prendre celle-ci pour la latitude cherchée, parce que 4000 mètres de plus ou de moins ne peuvent guère donner que 2' environ de différence entre la connue et la latitude cherchée. Nous donnerons dans l'Appendice une table assez détaillée où nous avons placé les latitude et longitude des principales villes du monde.

(1) Nous appelons ainsi ceux dont nous nous sommes occupé jusqu'à présent.

sphère terrestre, pourvu qu'on lui donne une position telle que son style soit parallèle à l'axe de la Terre, et que son extrémité P soit tournée vers le pôle céleste qu'il devait naturellement regarder, dans le lieu même pour lequel il a été construit.

ARTICLE II.

APPLICATION DU CALCUL TRIGONOMÉTRIQUE A LA CONSTRUCTION DES CADRANS SOLAIRES.

320. Lorsque nous avons traité de la construction des cadrans horizontaux, nous avons expliqué avec beaucoup de soin de quelle manière le calcul trigonométrique pouvait servir à la détermination des lignes principales de cette première sorte de cadrans. Plus tard, dans les sections relatives aux cadrans inclinés ou verticaux, nous avons fait connaître comment on pouvait se servir du même calcul pour trouver la direction de l'équinoxiale du cadran, et par conséquent aussi celle de ce que l'on appelle sa *fausse méridienne*, ou sa *sous-stylaire;* puisque cette droite, qui passe par le centre du cadran, est toujours perpendiculaire à l'équinoxiale. Voyons maintenant comment on peut, en général, ramener toujours la construction d'un cadran quelconque à la construction, par le calcul, d'un cadran solaire purement horizontal.

321. Afin de fixer les idées, nous supposerons qu'il s'agit d'abord de tracer un cadran solaire sur un plan vertical déclinant de 36° (du midi vers l'occident), et que ce cadran soit destiné pour Londres, dont la latitude septentrionale est de 51° 30'.

Commencez par multiplier le cosinus de la déclinaison de votre plan par celui de la latitude de Londres (L); il ne vous restera plus qu'à diviser le produit trouvé par le rayon des Tables pour avoir le sinus de la latitude (L') de celui des points du globe terrestre dont l'horizon est parallèle au plan de votre cadran.

Opérations par logarithmes.

Le log. du cosinus de 36° o' = 9.90796
Celui du cosinus de 51° 30 = 9.79415

La somme de ces log. — 10 = 9.70211

Ce logarithme, cherché parmi ceux des sinus, correspond à un angle de 30° 14' : telle est donc la latitude du lieu dont l'horizon est parallèle au plan du cadran vertical demandé.

322. Pour trouver la différence des longitudes des points L et L', multipliez le cosinus de l'élévation de l'équateur, pour L, par la cotangente de la déclinaison du plan donné, et divisez le produit par le rayon des Tables : le quotient trouvé sera la cotangente de la différence des longitudes cherchées.

Opérations par logarithmes.

Le log. du cosinus de 38° 30' = 9.89354
Celui de la cotangente de 36° o' = 10.13874

La somme de ces log. — 10 = 10.03228

Ce logarithme, cherché parmi ceux des cotangentes, correspond approximativement à un angle de 42° 52' : telle est donc la différence des longitudes cherchées. Cette différence, réduite en unités temporaires, correspond à 2 heures 51' 1/2.

323. Ayant ainsi trouvé l'exacte latitude et longitude du point L', à l'horizon duquel est parallèle le plan vertical du cadran solaire proposé, il ne reste plus qu'à construire un cadran solaire horizontal pour ce lieu L' dont la latitude méridionale est de 38° 14', en ayant soin, toutefois, de faire anticiper les heures de 2 heures 51 minutes (1); parce que telle est, du côté de l'ouest, la distance en longitude où se trouve le point L' par rapport au méridien de Londres.

(1) On néglige ici, dans la pratique, la demi-minute qui se trouve de plus dans la valeur trouvée pour la différence des longitudes.

Prenez donc une ligne quelconque, que nous appellerons OX, pour ligne sous-stylaire ; choisissez-y un point quelconque O, pour y représenter le centre du cadran, et faites, au point O, un angle égal à la latitude de L' ; le second côté de cet angle sera le rabattement du style sur le plan du cadran solaire.

Par le même point O, et du côté de la sous-stylaire où doit être la ligne de midi, faites ensuite un angle de 42° 52' (différence des longitudes trouvées) ; le second côté de cet angle sera la méridienne de votre cadran solaire.

En diminuant de 15° l'angle trouvé précédemment, c'est-à-dire 42° 52', le reste, 27° 52', vous indiquera, par rapport à la sous-stylaire et à son centre O, la direction de la ligne de 1 heure. En ôtant encore 15°, il ne vous restera plus que 12° 52' pour la direction angulaire de la ligne de 2 heures.

Comme vous ne pouvez plus ôter ensuite 15° de 12° 52', faites l'opération inverse, et vous trouverez pour reste 2° 8'. C'est la valeur angulaire qui vous indiquera la direction de la ligne de 3 heures, qu'il faut avoir bien soin de tracer du côté opposé de la sous-stylaire. Vous obtiendrez ensuite la direction des lignes des quatrième, cinquième, sixième, etc., heures de l'après-midi, en ajoutant successivement 15, 30, 45, etc., degrés, aux 2° 8' qui représentent la position angulaire de la ligne de III heures. Quant à celle des heures de l'après-minuit, on la trouve toujours en ajoutant successivement 15, 30, 45, etc., degrés, aux 42° 52' que la ligne de minuit forme avec la sous-stylaire. De cette manière, la ligne de I heure du matin doit faire, avec la sous-stylaire, un angle de 57° 52' ; la ligne de II heures en doit faire un de 72° 52' ; celle de III heures, un de 87° 52' ; celle de IV heures, un de 102° 52' ; celle de V heures, un de 117° 52', et celle de VI heures, un de 132° 52', etc.

Pour avoir celle de X heures, il faudrait ajouter dix fois 15° aux 42° 52' ci-dessus. On trouverait ainsi 192° 52', nombre qui surpasse 180° de 12° 52'. Cela prouve que la ligne de X

heures (du matin) se trouve entre la sous-stylaire et la méridienne déjà tracée. Il en est de même de celle de XI heures.

324. Si le plan du cadran solaire à construire était à la fois incliné et déclinant, il faudrait commencer par chercher, sur le méridien du lieu L; un autre lieu L'', perpendiculairement à l'horizon duquel tomberait le plan incliné du cadran solaire à construire : on chercherait ensuite un troisième lieu L', parallèlement à l'horizon duquel se trouverait le même plan incliné : on se trouverait ainsi ramené au cas qui précède.

Quoi qu'il en soit relativement à la position du plan donné, quand, au moyen de la méridienne de ce plan, on a tracé sa sous-stylaire, et nous avons indiqué, dans tous les cas, comment cette perpendiculaire à l'équinoxiale peut se déterminer par le calcul, pour trouver les angles que les lignes horaires font avec cette fausse méridienne : *au logarithme du sinus de la latitude donnée, ou de l'élévation du style sur le plan du cadran, ajoutez le logarithme de la distance de l'heure* (1) *à la méridienne, au sous-style* (2) : *la somme diminuée de* 10 *sera le logarithme de la tangente de l'angle cherché.*

En combinant ces nouvelles règles avec celles qui sont relatives aux opérations graphiques, le lecteur ne saurait éprouver aucune difficulté maintenant pour construire trigonométriquement un cadran solaire sur quelque plan que ce soit.

(1) C'est-à-dire 15, 30, 45, 60, 75 degrés, pour les lignes de I, II, III, IV et V de l'après-midi, etc.

(2) Dans les cadrans horizontaux et dans ceux du nord ou du sud, la sous-stylaire et la méridienne se confondent; mais il n'en est pas de même dans les cadrans qui déclinent.

CADRANS AZIMUTAUX.

CHAPITRE PREMIER.

CONSTRUCTION GRAPHIQUE D'UN CADRAN AZIMUTAL.

325. Les cadrans de cette dénomination ont leurs styles verticaux et perpendiculaires à leurs plans. Pour se rendre compte de leur construction, il faut se rappeler que l'arrivée du Soleil au plan du méridien a lieu, chaque jour, ou plus tôt ou plus tard que la veille, selon que l'on se trouve à une époque où la déclinaison solaire est elle-même ou croissante ou décroissante.

Il résulte de ce phénomène qu'un style, perpendiculairement attaché sur un plan horizontal, y projetera nécessairement chaque jour une ombre différente à la même heure, à moins, toutefois, qu'on ne le dérange journellement, après avoir déterminé, pour chacune des heures et pour chacun des jours de l'année, la place que le style, rendu mobile, doit successivement occuper, pour que, constamment, l'extrémité de son ombre, se projetant sur le même point du plan, indique exactement et périodiquement la même heure après un laps de temps toujours égal. Le déplacement de l'axe, tel est donc le principe sur lequel repose la construction du cadran azimutal, qu'on appelle ainsi, parce que, outre le temps vrai, il sert aussi à indiquer ce que l'on appelle l'azimut du Soleil.

326. Pour construire un cadran de cette espèce particulière, commencez par tracer un cercle FBDE (*fig.* 61), et divisez-le en 24, en 48, ou en 96 parties égales, selon que vous désirez que votre cadran marque les heures, les heures et les

demies, ou les heures, les demies et les quarts. Joignez ensuite par des lignes droites les points de division 1 et 11, 2 et 10, 3 et 9, etc., en veillant bien à ce que, toujours, ce soient les points situés vis-à-vis l'un de l'autre, à une distance égale de F, de D, qui se trouvent réunis par vos droites.

Après cela, au centre C de votre cercle, sur votre rayon CF, construisez un angle FCA, qui soit égal à l'élévation de l'équateur, et, du point A, où le côté CA de votre angle rencontre la circonférence de votre cercle, menez sur FC la perpendiculaire AK.

Décrivez ensuite autour du même centre C un second cercle KHJR, ayant pour rayon la ligne CK; puis, à partir de K ou de J, divisez cette seconde circonférence en autant de parties égales que la première: si vous joignez alors les points 1 et 11, 2 et 10, etc., qui se trouvent vis-à-vis l'un de l'autre à une distance égale de R ou de H, vous obtiendrez une nouvelle série de droites qui couperont perpendiculairement les cordes tracées dans le grand cercle.

Marquez bien les points d'intersection mutuelle, *a*, *b*, *c*, *d*, etc., des lignes correspondantes 1·11, 2·10, 3·9, etc., de vos deux séries de parallèles : ces points, sur votre cadran azimutal, seront ceux des heures, ou des différentes parties connues de celles-ci, et, en les unissant successivement les uns aux autres par une courbe continue FHDR, vous obtiendrez enfin la projection horizontale de l'équateur : cette projection est une véritable ellipse.

327. Relativement au numérotage des points horaires, commencez par écrire le chiffre XII aux points R et H, extrémités du petit axe RH de votre ellipse; puis, selon celui des deux points R ou H que vous regardez comme étant celui qui se trouve au nord de votre centre C, écrivez le chiffre I au point horaire qui se trouve, vers l'est, le plus voisin du point n° XII; écrivez II au second; III au troisième, et continuez ainsi pour tous les points du même côté.

Posez ensuite le chiffre XI à côté du point qui se trouve, vers l'ouest, le plus voisin du n° XII; mettez X au second point, IX, au troisième, etc.

328. Votre numérotage établi, prenez une ouverture de compas égale à l'un des rayons CD ou CF, et, de l'un des points H ou R comme centre, décrivez un arc de cercle qui coupera le grand axe FD en deux points p, p: ces deux points seront les deux foyers de l'ellipse des heures. A partir de l'un de ces deux points, de p, par exemple, dessinez un analème dont la ligne médiane p ♈ ou p ♎ coïncide avec pF, et dont le rayon solsticial p ♋, pour des latitudes septentrionales, et le rayon opposé p ♑ pour des latitudes méridionales, soient tournés vers le nord du cadran: alors les rayons des signes de l'analème rencontreront le petit axe en des points ♋, ♌ ou ♊, ♉ ou ♍, ♈ ou ♎, ♏ ou ♓, ♐ ou ♒ et ♑, qui seront précisément ceux où le style doit être placé quand le Soleil se trouve dans les signes du Zodiaque appartenant à ces différents points de l'écliptique, si l'on veut que l'extrémité de son ombre tombe précisément sur les chiffres horaires au moment précis du temps vrai de ces heures et de leurs différentes parties, en admettant toutefois que le cadran solaire soit destiné à les indiquer également.

329. Pour trouver de même la place qu'il convient de donner au style, aux époques non zodiacales, ce qui se détermine ordinairement de dix en dix jours, de trois en trois jours, et même de jour en jour, suivant la grandeur du cadran solaire, voici certainement ce que vous avez de mieux à faire. Du point p, avec un rayon aussi grand que possible, décrivez un arc de 60 degrés, dont le milieu ♈ se trouve juste sur le diamètre FD; divisez chacune des moitiés de cet arc en 30 parties égales, à partir du point ♈, et joignez enfin le point p avec tous ceux des points de division qui sont éloignés du milieu ♈ de moins de 23° 28': ces lignes, comprises toutes entre les rayons solsticiaux p ♋ et p ♑ de l'analème, rencontreront la ligne HR en

des points qui feront connaître les stations variables du style, qui sont relatives aux différentes déclinaisons du Soleil calculées de degré en degré.

330. Quand même il n'existerait que 15 ou 16 centimètres (5 pouces 6 lignes, ou 6 pouces) de distance entre les stations extrêmes (♋ et ♑) du style sur la ligne HR, on n'en pourrait pas moins établir les variations de place que doit subir cette partie mobile du cadran, pour tous les changements qu'éprouve la déclinaison du Soleil de minute en minute; mais il faut pour cela recourir à l'appareil suivant :

On attache sur la ligne RH (*fig.* 61-*b*) une plaque en laiton *aikb* dans laquelle on encastre une seconde plaque *eflm*, qui peut se mouvoir en glissant dans l'intérieur de la première. La figure 61-*a*, qui représente la section d'une partie du cadran solaire ABCD et des deux plaques *abed* et *efgh* dont nous venons de parler, fera aisément comprendre au lecteur la manière dont il faut s'y prendre pour encastrer la seconde plaque dans la première et pour la faire glissser le long de sa ligne médiane.

331. Pour graduer la plaque mobile, on commence par diviser les côtés de la premiere plaque d'après les points déterminés par les demi-degrés et les quarts de degré de l'analème : on obtient ainsi sur cette plaque la graduation indiquée, de part et d'autre de sa ligne mediane, sur la plaque *aikb* de la figure 61-*b*.

On prend alors 14 des parties égales de cette première plaque ; on en divise le total en 15 ; on les porte toutes 15 sur la seconde plaque *eflm*, à partir de C, et de deux côtés de ce point. On établit enfin son numérotage de la manière suivante : à partir du point C, sur la plaque mobile, on met 1' au premier trait de la division, 2" au second trait, etc. Sur la plaque fixe on écrit d'abord 0° au trait de la division qui passe par le point C ; on met ensuite 1° au quatrième trait de deux côtés de C; 2° au huitième trait ; 3° au douzième, etc. On écrit enfin

sur la même plaque l'indication commune de 30' à chacun des traits qui se trouvent à une égale distance de deux traits voisins portant l'indication de deux nombres de degrés consécutifs, comme 1° et 2°, 2° et 3°, 3° et 4°, etc.

332. Il ne reste plus alors qu'à attacher le style *cz* (*fig.* 61-*a*) au point C de la plaque mobile (*fig.* 61 et 61-*a*), et de lui donner une position telle qu'il soit perpendiculaire au plan du cadran solaire; car, ainsi établi, vous pourrez aisément le mouvoir, de manière à faire concorder sa station avec la déclinaison du Soleil supposée connue à une minute près.

333. Que, par exemple, la déclinaison du Soleil se trouve être égale à une minute, il vous suffira de pousser la plaque qui porte le style jusqu'à ce que son trait portant pour indication 1', coïncide avec le premier trait de la division de l'autre plaque, c'est-à-dire, avec celui qui se trouve entre 0° et 30' : votre style alors sera éloigné de 1' du centre C du cadran solaire. Si la déclinaison était de 18', votre style devrait être autant éloigné du point C. Pour le placer ainsi, il est nécessaire que le troisième trait de la plaque mobile coïncide avec le quatrième de la plaque fixe.

334. Pour comprendre ce que nous venons de dire, rappelons-nous que 14 parties de cette plaque fixe font sur celle-ci 14 fois 15' ou 210'. Or, ces 14 parties sont divisées en 15 parties sur la plaque mobile; il existe donc une différence de 1' entre les divisions des deux plaques.

Concluons de là que, quand le zéro de la plaque mobile coïncide avec un trait de la plaque fixe, le premier trait de la première des deux plaques, c'est-à-dire son trait le plus voisin de la coïncidence, est précisément éloigné de 1' du trait qui lui correspond le mieux sur la deuxième plaque. Cela tient à ce que, sur la plaque mobile, un intervalle de traits représente 14'; deux intervalles en représentent 28; trois, 42, etc. : sur la plaque fixe, au contraire, un intervalle représente 15'; deux en représentent 30; trois, 45, etc. Il suit de là que le premier

trait de la plaque mobile est éloigné de 15' moins 14', c'est-à-dire, de 1 minute du premier trait de la plaque fixe, et que le second trait de la première plaque est éloigné de 30' moins 28', ou de 2', du second trait de la deuxième plaque. Par conséquent, si l'on dérange la plaque mobile jusqu'à ce que son trait n° 3 ou n° 6 coïncide avec le trait de la plaque fixe qui se trouve en être le plus voisin, il faut nécessairement que le style ait été éloigné de 3' ou de 6' du point où il se trouvait auparavant.

335. D'après cela, supposons, par exemple, que le style doive être éloigné de 5° 39' de l'origine (zéro) des points de la division, il est clair, alors, qu'il faudra pousser le nonius de façon que son zéro se trouve au-delà des 5° 30' indiqués sur la plaque fixe, et qu'en même temps, celui de ses traits portant l'indication de 9' soit précisément l'un des deux entre lesquels s'établit le mieux la coïncidence observée.

336. Pour attacher le style au point C du nonius, ce qu'il y a de mieux à faire, c'est d'établir en ce point un petit écrou dans lequel le style peut être vissé perpendiculairement au plan du cadran solaire.

337. Il n'est pas nécessaire de tracer de lignes du Zodiaque sur les cadrans azimutaux, le but qu'on se proposerait en le faisant, étant suffisamment atteint par le moyen des divisions et des déplacements de la plaque qui sert à faire mouvoir le style.

Il suit de là qu'il n'y a pas lieu de rendre remarquable un point particulier sur le style en y établissant, comme à l'ordinaire, un bouton métallique *p* : on doit seulement fixer la longueur qu'il doit avoir pour que l'extrémité de son ombre tombe toujours sur l'ellipse des heures, quelle que soit la position de la plaque mobile. Cette longueur, au reste, n'est jamais difficile à obtenir; vous la trouverez toujours aisément en exécutant les opérations que voici :

D'abord, à partir du point C (*fig.* 61), sur la ligne C F, pre-

nez une longueur C H' égale à l'une des lignes H ♋ ou R ♑, et, par le point H' ainsi trouvé, élevez une perpendiculaire à CF. Formez ensuite au point C, sur le côté C A, en dehors de l'angle K C A qui est égal à l'élévation de l'équateur, un nouvel angle A C z qui soit égal à celui de la plus grande déclinaison ♋ *p* ♈. Marquez enfin le point d'intersection z' du second côté C z' de cet angle, avec la perpendiculaire H' z' : vous aurez ainsi la longueur H' z', qu'il faut donner au style pour la position la plus haute du Soleil, ainsi que pour toutes les autres positions.

338. Quand on veut faire usage d'un cadran azimutal, il faut lui donner une position telle que son plan soit parfaitement horizontal; que sa ligne de douze heures se confonde avec la méridienne du lieu ; que son point de midi soit au nord du style, et que les heures de la matinée soient indiquées du côté de l'occident : c'est, en effet, de cette seule manière que le cadran azimutal est parfaitement orienté, et qu'il indique le temps vrai, aussitôt qu'on donne à son style la place exigée par la position connue du Soleil au moment de l'expérience.

Nous verrons plus tard comment cette position se détermine par le moyen des tables de la déclinaison du Soleil.

339. Outre le temps vrai, le cadran solaire que nous venons de construire peut indiquer aussi quel est l'azimut du Soleil au moment de l'observation : il suffit pour cela d'adapter au style un quart de cercle qui puisse tourner autour de lui et servir à mesurer l'angle que l'ombre du style forme avec la méridienne ; car l'angle mesuré est un angle azimutal.

340. En faisant passer un cercle par le pied du style et par les deux foyers de l'ellipse des heures, les points de rencontre de la circonférence et de l'ellipse déterminent sur cette courbe le moment précis du lever et du coucher du Soleil, pour le jour où le style se trouve en ce point.

On arriverait au même résultat en posant une pointe de compas au pied du style et en cherchant, avec la seconde pointe,

quels sont les deux points de l'ellipse qui se trouvent les plus éloignés de la première pointe ou du pied du style.

341. Voulez-vous maintenant déterminer l'élévation du Soleil pour un jour quelconque et pour un moment quelconque de temps vrai de ce jour ? Portez de C en *a* (*fig.* 62) la distance du pied du style, au point suivant lequel son ombre doit couper alors votre ellipse des heures ; menez par le point *a*, ainsi trouvé, une ligne A*a* qui soit perpendiculaire sur C*a* ; puis, prenant une ouverture de compas égale à la distance qui sépare le pied du style, pour le même jour, de celui des points de l'ellipse qui s'en trouve le plus éloigné de tous, du point C comme centre, avec un rayon égal à l'ouverture de compas que vous venez de prendre, décrivez un arc qui coupe la perpendiculaire A*a* en un certain point A. Si vous joignez alors le point C avec A ainsi trouvé, en tirant pour cela la droite AC, alors l'angle AC*a*, que la ligne AC forme avec C*a*, est précisément celui qui sert de mesure à l'élévation du Soleil.

342. Ce que nous avons dit jusqu'à présent suffit pour nous mettre en état de résoudre, par le moyen d'un cadran azimutal sans style, les problèmes suivants de trigonométrie sphérique :

Trouver l'élévation et l'azimut du Soleil par le moyen de la déclinaison solaire et du temps vrai du lieu pour lequel le cadran azimutal est construit.

Déterminer l'élévation et la déclinaison du Soleil par le moyen de l'azimut et du temps vrai.

Déterminer le temps vrai par le moyen de la déclinaison du Soleil et de son azimut.

Trouver, pour le lieu du cadran, l'instant précis où le Soleil se lève et se couche, ainsi que la longueur du jour, par le moyen de la déclinaison solaire correspondante.

343. La position du style pour chaque jour, c'est-à-dire l'étendue du déplacement qu'il faut lui faire subir aux différentes époques de l'année, pour que son ombre indique exactement le

temps vrai, est ce qu'il importe surtout de bien connaître. Pour la trouver, il faut avoir à sa disposition une série de quatre tables, telles que celles qui se trouvent placées dans l'Appendice de cet ouvrage. Au moyen de ces tables on peut, en effet, comme nous le verrons plus tard, calculer la déclinaison du Soleil pour chaque moment et pour chaque lieu, et fixer la position qu'il faut donner au style dans les circonstances où l'on se trouve. Pour atteindre ce but, on retranche la déclinaison du jour où l'on se trouve de la déclinaison du jour précédent, ou de la déclinaison du jour suivant, selon que cette déclinaison croît ou décroît : on obtient ainsi la variation de déclinaison qui est relative à vingt-quatre heures, quantité dont il est très-aisé de déduire, par le moyen de *la règle de trois*, les variations de la déclinaison, qui sont relatives à toutes les autres parties du temps.

CHAPITRE II.

DÉMONSTRATION DE TOUTES LES OPÉRATIONS EMPLOYÉES POUR LA CONSTRUCTION DES CADRANS AZIMUTAUX.

344. Soient PP' (*fig.* 62) l'axe de la Terre ; A ♎ Q ♈, l'équateur ; H z R N, le méridien, et H ♈ R ♎, l'horizon du lieu z, pour lequel le cadran solaire doit être construit.

Remarquons d'abord que l'ombre projetée sur le plan de l'équateur, par un style PC parallèle à l'axe de la Terre, doit toujours rencontrer l'ombre projetée sur le même plan par un style vertical Cz, compris avec PC dans le plan du même méridien.

Pour démontrer ce que nous venons de dire, supposons que le point S représente le Soleil, momentanément situé sur l'équateur céleste.

Il est évident alors que CL, prolongement de SC, est en mé-

me temps l'ombre du style PC, ainsi que celle du style Cz; car tous les plans horaires, tels que PSP', et tous les plans verticaux, tels que zSN, qui passent par le Soleil, quand il se trouve dans l'équateur, rencontrent le plan de cercle suivant le même diamètre SL.

En projetant ces lignes sur l'horizon du lieu, nous trouverons la ligne C, qui sera l'ombre que zC projette sur l'horizon de z pour la position du Soleil en S.

Il suit de là, qu'en projetant sur le même horizon tous les points horaires établis sur l'équateur, pour le style PC, nous aurons les points horaires du plan horizontal pour le style Cz, lorsque le Soleil se trouvera sur l'équateur. Or, il y a quatre de ces points, A, ♎, Q et ♈ que nous pouvons trouver très-aisément en décrivant, pour représenter l'horizon, un cercle d'une grandeur quelconque; en menant, par son centre, deux diamètres ♈♎ et HR qui se coupent à angles droits; en faisant, au centre et au-dessus de HR, l'angle ACH égal à l'élévation de l'équateur sur l'horizon de z, et en abaissant du point A, suivant lequel le côté AC de cet angle coupe la circonférence HzRN, une ligne droite A*a* qui soit perpendiculaire au diamètre HR. Le point *a*, résultant de cette opération, fera le point de minuit du cadran azimutal. Les points ♈ et ♎, suivant lesquels l'autre diamètre coupe la circonférence tracée, seront, eux, les points de 6 heures; car ils sont situés à l'intersection du plan de l'horizon ou avec celui de l'équateur.

Comme la ligne C est l'égale de C*a*, il suffit évidemment de porter C*a* sur l'autre côté du diamètre HR, et à partir du point C, pour trouver le point *q*, c'est-à-dire le point de midi sur le cadran azimutal.

En divisant le cercle H♎R♈, à partir de l'un des quatre points de la division précédente, en vingt-quatre parties pour les heures, ou bien en quarante-huit ou quatre-vingt-seize pour les demies et les quarts, si l'on joint deux à deux ces points de division, par le moyen de lignes droites qui soient

parallèles à HR ; si, ensuite, autour du point C, comme centre, avec le rayon a C, on décrit une deuxième circonférence ; que l'on divise cette circonférence de la même manière que la première, en partant du point a ; que l'on joigne deux à deux ces nouveaux points de division, par le moyen de nouvelles lignes droites qui soient parallèles à la ligne ♈ ♎, et que l'on marque les points de section des lignes correspondantes des deux circonférences décrites, ceux-ci seront évidemment les autres points des heures marquées sur l'horizon.

En effet, les lignes de jonction, parallèles, dans le premier cercle, au diamètre HR, font connaître, relativement à la droite AQ, les distances $b{\cdot}11$, $b{\cdot}1$. $f{\cdot}11$, $f{\cdot}1$, C♈ et C ♎ pour les points horaires 1, 11, ♈, ♎ du cadran équinoxial. Les lignes de jonction, parallèles dans le second cercle au diamètre oq, font connaître, elles, les distances horizontales aC, b'C, f'C, qC, qui séparent ces mêmes points de la ligne diamétrale ♈ ♎.

Les points de section des deux séries de parallèles sont donc les points horaires du cadran azimutal pour le style Ca, lorsque le Soleil est à l'équateur.

La courbe continue, que tous ces points déterminent, est la projection de l'équateur sur le plan de l'horizon : c'est une véritable ellipse, dont le grand axe est ♈ ♎, et dont le petit axe est aq.

Plus la déclinaison du Soleil est grande ou petite, plus est grand ou petit le temps qu'il faut au Soleil pour faire son immersion dans le même cercle vertical. Supposons, en effet, que le Soleil se trouve au tropique du Cancer WK, il ne fera évidemment pas son immersion en x, dans le cercle vertical zxN qui passe par le point S, l'un des points horaires du lieu z, aussitôt qu'il la ferait en S, s'il se mouvait sur l'équateur AQ où nous le supposions tout-à-l'heure.

Il suit de là, qu'étant au Cancer, le Soleil fait son immersion dans chaque cercle vertical plus tard que s'il était à l'équa-

teur ; que le retard qu'il éprouve à faire cette immersion est proportionnel à l'arc S' x, et que, par conséquent, l'ombre du style vertical C z ne doit pas se projeter sur les différents points horaires aussitôt qu'elle s'y projetait à l'époque des équinoxes. Si ce style restait immobile ; il n'indiquerait donc plus le temps vrai.

Supposons actuellement que la circonférence du tropique du Cancer soit divisée de la même manière que l'équateur A Q, et projetée, comme lui, sur le plan de l'horizon : sa projection sera une ellipse semblable à la projection de l'équateur, et l'ombre du style C z attaché au centre C de l'ellipse de l'équateur, indiquera le temps vrai sur la projection elliptique du tropique du Cancer, divisée de la même manière que celle du cercle équatorial.

Aussitôt qu'on aura donné au style C z une position telle que son ombre rencontre, pour un temps quelconque, le point horaire qui correspond à ce temps sur l'ellipse de l'équateur, on aura trouvé la position qu'il lui faudra donner pour marquer toutes les parties du temps vrai ; car les rayons d'ombre, tels que C' s', sont parallèles à leurs correspondants C s, puisque les deux ellipses sont semblables, et que les arcs des heures sont proportionnels.

Que l'on agisse et raisonne de même pour tout autre cercle diurne, et l'ombre du style indiquera encore le temps vrai sur l'ellipse équatoriale ; car il est évident que les mêmes causes doivent produire les mêmes effets.

Pour déterminer, relativement aux différentes positions zodiacales du Soleil, quelles doivent être les différentes stations du style, pour que son ombre marque les heures sur l'ellipse de l'équateur, remarquons que, quand le Soleil se meut sur le tropique W K du Cancer, à l'instant où il se trouve en x, la droite h C est la ligne de l'heure x, et la droite C s est l'ombre du style C z.

Au même moment x, S''' C serait la ligne de l'heure, et C s', l'ombre du style, si le Soleil se trouvait sur l'équateur A Q.

Que l'on déplace donc le style C z, jusqu'à ce que son ombre rencontre le point s' de l'ellipse de l'équateur, et il fera voir alors les heures vraies pendant tout le temps que le Soleil se mouvra sur le tropique du Cancer.

Il résulte de là qu'il suffit de transporter le plan vertical (z h N) de l'ombre du style qui correspond à l'heure x, du point c au point c', où la méridienne WK du tropique du Cancer est rencontrée par la ligne PP', c'est-à-dire par l'axe de la Terre. C'est, en effet, seulement alors que, se confondant avec z' S' N' s', ce cercle coupe l'équateur en s', et que la ligne C' s' forme avec la méridienne C R le même angle que h C avec W C.

On trouverait de même la station C' du style C' z' qui correspondrait à tout autre parallèle diurne, en abaissant sur la méridienne horizontale une perpendiculaire qui parte du point C, où la méridienne du parallèle dont on s'occupe est rencontrée par PP'.

345. C c' est la distance du tropique du Cancer au plan de l'équateur; pour le rayon A C égal à PC, l'arc AW est la déclinaison du Soleil, quand il se trouve au signe du Cancer; le point C' est la projection de c' sur le plan de l'horizon; C C' est celle de Cc'. Si donc on projette aussi P C sur le même plan HR en abaissant, de P sur lui, la perpendiculaire P p, on déterminera la ligne p C, qui sera la projection du rayon de l'analème pour le déplacement C C' : on connaitra donc de quelle distance C sur C ♈ doit être placé le sommet de l'analème, pour que celui de ses rayons qui correspond au Cancer passe par le point C', station du style quand le Soleil est sur ce tropique.

Les foyers e, d (*fig.* 62) ou p, p (*fig.* 61) de l'ellipse équatoriale se trouvent en décrivant, de l'une des extrémités a (*fig.* 62) du petit axe a q, et avec un rayon égal au demi grand axe AC = C ♈ ou C ♎, un arc de cercle qui coupe le grand axe ♈ ♎ en deux points.

Cela compris, puisque a e = A C = PC; que a C = P p, et

que les deux triangles C A a, P C p sont deux triangles égaux dans toutes leurs parties, comme ayant A C = P C, l'angle a A C = P C p et aC = P p, il est clair que eC ou dC = C p = A a,et que le triangle a'C e = P C p = A a C ; car ae = P C = A C, et aC = a C = P p : par conséquent eC = C p = A a.

Voilà pourquoi c'est à partir du foyer p (*fig.* 61) de l'ellipse de l'équateur, qu'il a fallu décrire l'analème, en mettant sur le grand axe sa médiane p ♈. En le plaçant ailleurs, les points horaires n'eussent point toujours reçu, comme il le fallait, l'ombre du style, pour les diverses positions du Soleil dans les douze signes du Zodiaque; car ce que nous avons dit relativement au Cancer est exactement applicable à toutes les autres positions du Soleil.

346. L'ombre d'un style perpendiculairement attaché sur un plan horizontal forme toujours, avec la méridienne qui passe par son point de scellement, un angle plus ou moins grand : c'est l'azimut du Soleil pour le moment où celui-ci engendre cette ombre. Il en résulte que tout angle, formé par l'ombre du style du cadran azimutal avec la méridienne de ce cadran, est véritablement l'angle azimutal du Soleil, pour le moment qui correspond à l'ombre dont on a mesuré l'inclinaison sur la méridienne.

347. C'est quand il se trouve dans l'horizon du lieu, c'est-à-dire quand il se lève ou quand il se couche, que le Soleil projette derrière les objets leurs ombres les plus longues : voilà ce qui fait que les deux points de l'ellipse horaire, qui se trouvent les plus éloignés de la station du style, sont précisément ceux qui correspondent au lever ainsi qu'au coucher du Soleil pour ce moment de l'année.

Que, de chaque point de station pour centre, avec un rayon égal à ces ombres les plus longues, on décrive des circonférences; que dans chacune on tire un diamètre et que l'on porte sur lui, en partant du centre du cercle, la distance d'une

partie quelconque du temps relatif à la station du style qui correspond à la longueur d'ombre que l'on considère ; qu'après cela on mène, à partir du même point, une droite qui soit perpendiculaire au diamètre tracé : cette ligne et le petit segment du diamètre détermineront l'arc qui sert de mesure à l'élévation du Soleil, et qui correspond à ce temps. Cela tient à ce que le Soleil engendre les ombres les plus longues à son coucher et à son lever, et à ce que 0° est son élévation à chacune des deux époques; car il résulte de là que la distance dont nous avons parlé est précisément égale au rayon de son cercle d'élévation.

Aussitôt qu'on porte, en partant de C (*fig.* 62), sur le rayon ci-dessus mentionné, la distance d'un point quelconque du temps de l'ellipse des heures relative à la station correspondante du style, ainsi que la distance du zénith du Soleil pour ce temps (1), si l'on tire à travers le point *a* une ligne A *a* qui soit perpendiculaire au rayon CH, alors l'arc HA, que cette ligne et le rayon HC déterminent, est évidemment la mesure de l'élévation du Soleil pour ce temps.

348. Ce que nous venons de dire suffit pour faire bien comprendre au lecteur tout le parti que l'on peut tirer des cadrans azimutaux, pour obtenir, au moyen de leur construction, un certain nombre de déterminations astronomiques. Mais, à cause du changement perpétuel dans la position de leurs styles, il est impossible qu'il n'ait pas reconnu que, pour l'usage commun, ces cadrans sont beaucoup moins commodes que tous ceux dont le style est parallèle à l'axe du Monde. Le cadran azimutal est donc bien moins un vrai cadran solaire, dans l'acception vulgaire de ce mot, qu'une espèce de joujou astronomique. Il a néanmoins, sur tous les autres cadrans, les équinoxiaux exceptés, l'avantage assez important de faire mieux connaître le temps vrai.

(1) La station du style est la projection du zénith du lieu, et un point quelconque de l'ellipse des heures est la projection de la station du Soleil pour ce temps.

Cela tient à ce que le plan de l'ombre de son style et celui de sa table se rencontrent toujours d'équerre, tandis que, sur tous les autres cadrans, c'est d'une manière oblique que se coupent mutuellement les tables et les plans d'ombres; d'où il résulte que, pour ceux-ci, toutes choses égales d'ailleurs, l'ombre du style doit avoir plus d'épaisseur que celle qui tombe sur un cadran azimutal.

Voilà tout ce que nous avions à dire relativement à cette dernière sorte de cadrans, qui ne peuvent différer les uns des autres que par la grandeur de l'angle qui y représente l'élévation de l'équateur.

CHAPITRE FINAL.

ARTICLE Ier.

DERNIÈRE OBSERVATION SUR L'IMPORTANCE DE LA COSMOGRAPHIE.

349. Nous avons successivement indiqué les opérations les plus simples qui sont employées pour la construction des cadrans établis sur des surfaces planes. On a dû remarquer que les démonstrations que nous avons données de ces opérations, supposent, au lecteur, la connaissance des propriétés de ces plans et de ces lignes de la voûte céleste, dont il a été parlé dans le premier chapitre de cet ouvrage. Ce sont ces plans et ces lignes que nous avons dessinés simultanément sur la figure 64. Le cercle H R y représente l'horizon d'un lieu C; z, son zénith; N, son nadir; la droite PP', l'axe du Monde; la circonférence A Q, l'équateur céleste, etc., etc. Nous invitons le lecteur à chercher à se rendre compte de ce qu'indiquent sur la même figure les autres objets (lignes ou plans), que nous y avons également représentés : cette étude ne pourra que lui être fort avantageuse pour l'intelligence de toutes les opérations relatives à la Gnomonique.

ARTICLE II.

UTILITÉ DES CADRANS SOLAIRES ET DES GRANDES MÉRIDIENNES.

350. Les cadrans solaires sont particulièrement destinés à faire connaître le temps vrai et à régler les montres qui, pour l'usage ordinaire, remplissent alors à peu près le même usage. Elles ont d'ailleurs, sur les cadrans solaires, un avantage fort important; c'est celui de faire connaître la division du temps jusque dans ses moindres parties. Pour arriver à donner aux montres ce degré de précision, on substitue avantageusement aux cadrans qui servent à les régler l'un ou l'autre des deux appareils dont nous allons faire mention.

351. *Premier appareil.* — On commence par faire une ouverture orbiculaire dans le plafond d'une chambre qui, de tous les côtés, à l'exception de celui du nord, se trouve à l'abri des rayons du jour. Ensuite, on marque sur le plancher, qui doit être parfaitement uni, la position du point qui est situé verticalement à l'aplomb du centre de l'ouverture. Par ce point, on trace enfin une longue méridienne, en se servant pour cela de l'un des procédés connus.

Un faisceau cylindrique de rayon solaire, en passant, à midi, par l'ouverture ci-desssus, tombe, à midi, sur la méridenne, et détermine ainsi le temps vrai de la culmination du Soleil, qui a précisément lieu au moment où la méridienne coupe en deux parties parfaitement égales le cercle lumineux que l'ouverture projette sur elle. Pour reconnaître cet instant précis, on tire de chaque côté de la méridienne une ligne parallèle qui doit en être éloignée d'une quantité égale au demi-diamètre de l'ouverture. Quand la circonférence du cercle lumineux touche à la fois ces deux parallèles, son centre est évidemment sur la méridienne, le Soleil est donc à son point de culmination, et l'on peut être sûr qu'il est midi au temps vrai.

Plus l'ouverture est éloignée de la méridienne, plus l'appareil ci-dessus aura de précision.

352. *Deuxième appareil.* — On peut aussi faire l'ouverture dans la paroi verticale qui regarde le sud. Il faut encore, dans ce cas, projeter le centre de l'ouverture sur le plancher destiné à recevoir la méridienne.

353. *Remarque.*— Il faut observer, relativement à la disposition de l'un et de l'autre de ces deux appareils, que la distance de l'ouverture à la méridienne dépend de la longueur de cette droite, et réciproquement. Si cette distance était trop grande, le cercle lumineux ne rencontrerait plus la méridienne, lorsque le Soleil se trouve dans ses positions les plus basses ; la projection du cercle lumineux ne déterminerait donc plus l'heure de midi.

Le rapport qui doit exister entre la longueur de la méridienne et sa distance à l'ouverture orbiculaire. se détermine fort aisément au moyen de la figure 63.

On commence par tirer, à travers l'ouverture C, une droite CB, et l'on forme, en C, avec la même droite CB, un angle ACB qui soit égal à la latitude du lieu. Ensuite, en partant encore du point C, on décrit, comme on l'a fait sur la figure, le secteur connu de l'analème dont il suffit de marquer les rayons extrêmes p♋ et p♑, en ayant bien soin, toutefois, d'en placer le rayon médian, p♈ ou p♎, dans la direction du côté C A.

Cela fait, on porte sur CB, et à partir de C, une longueur CB précisément égale à la distance qui doit se trouver entre l'ouverture orbiculaire et la méridienne horizontale BD qui est située sur le plancher; puis, on tire à travers B une droite BD qui soit perpendiculaire à CB : les lignes C♋ et C♑ coupent alors cette droite BD en deux points ♋ et ♑, sur lesquels se projette le rayon de lumière qui passe par l'ouverture, lorsque le Soleil se trouve dans sa position la plus haute et dans sa position la plus basse. On voit donc que la longueur

de la méridienne ♑ ♋ B se trouve complètement déterminée lorsque l'on connaît la distance CB de l'ouverture C à la méridienne BD.

354. Le temps indiqué par les appareils que nous venons de décrire, ainsi que par les différentes espèces de cadrans solaires dont nous avons fait connaître la construction, est toujours le temps vrai; or, comme il est d'usage de régler sur le temps moyen les montres et tous les appareils mécaniques du même genre, il sera nécessaire d'indiquer plus tard comment le temps vrai se change en temps moyen, et réciproquement. Cette double opération s'exécute au moyen d'une table, communément nommée *table de l'équation du temps*. (Voir cet article à l'Appendice).

355. Avant de commencer cet Appendice, nous espérions pouvoir donner ici une idée des tentatives qui ont été faites pour remplacer, par des appareils portatifs équivalents, les cadrans solaires construits sur des plans fixes; nous avons malheureusement reconnu que cela nous aurait fait dépasser de beaucoup les limites qui nous sont imposées par le cadre étroit d'un simple Manuel. C'est donc avec un véritable regret que nous nous abstenons de donner un aperçu des principaux cadrans portatifs, ainsi que des instruments proposés pour ramener à une simple opération mécanique le tracé des cadrans solaires. Parmi les appareils de ce dernier genre, eût figuré, en première ligne, *le Gnomonographe de M. Lalanne* (1), instrument aussi simple qu'ingénieux, qui s'oriente de lui-même, résoud le problème proposé aussi exactement qu'il peut l'être, et possède, sur tous les cadrans portatifs, un avantage immense sous le rapport de la théorie : celui de démontrer à l'œil que la construction d'un cadran solaire sur une surface de nature quelconque se réduit toujours, en dernière analyse, à la détermination mécanique, ou autre, de la projection des lignes horaires d'un cadran universel convenablement orienté.

(1) *Le Gnomonographe universel*, ANGERS, *Auguste Mame*, 1818.

APPENDICE.

ARTICLE Ier.

EXPLICATION DE QUELQUES PRINCIPES DE LA GÉOMÉTRIE, QUI SONT RELATIFS AUX SECTIONS CONIQUES.

356. On nomme *parabole*, une courbe non fermée MAK (*fig.* 65) qui est tellement placée entre un point *p* et une ligne LD, que chacun de ses points se trouve à une distance égale du point *p* et de la droite LD. Pour la construire mécaniquement, on commence par fixer une règle dans la direction de la ligne LD, et l'on y applique une équerre *ilh*, d'une grandeur quelconque. On attache ensuite au point *p*, ainsi qu'au sommet *k* de l'équerre, un fil bien souple et dont la longueur entre les deux points d'attache soit précisément égale à *ik*.

Cela fait, on tend bien son fil par le moyen d'un crayon qui doit s'appuyer contre l'équerre et donner au fil l'apparence d'un angle, comme celui qui se fait voir en *pdk*.

Ce résultat obtenu, on pousse son équerre de L vers D, et l'on a bien soin de rendre reconnaissable le passage du crayon qui doit toujours tendre les deux parties du fil, sans cesser pour cela de s'appuyer contre l'équerre.

Quand on aura opéré ainsi de l'un et de l'autre côté du point *p*, la parabole sera tracée.

La même courbe peut s'obtenir avec beaucoup plus d'exactitude, en en déterminant les différents points les uns après les autres, et en dessinant ensuite à l'œil la courbe continue qu'ils représentent approximativement. Cette opération se fait

par le moyen de la géométrie : on commence d'abord par mener, à la droite LD, une perpendiculaire BC, sur laquelle on porte, en partant de B, la distance B p, du point p à la ligne LD. Ensuite on partage en deux cette distance, en marquant son milieu A, et l'on tire, entre A et C, plusieurs lignes aa, bb et cc qui soient parallèles à la ligne LD.

Compassant alors, et successivement, les distances qui séparent ces lignes de la droite LD, on met une des pointes de son compas en p, et, avec l'autre pointe que l'on fait tourner, on entrecoupe les lignes aa, bb, etc., de chacun des deux côtés du point p : les points d'intersection a, a, b, b, etc., que l'on obtient ainsi, sont ceux qui déterminent la parabole, qui se trouve tracée dès qu'on les a joints les uns aux autres par une courbe continue. On comprend en effet que, d'après la construction employée, ils se trouvent à la même distance du point p que de la droite LD.

357. Quand une parabole est tracée et que l'on ignore où se trouvent le foyer p, le sommet A, ainsi que la directrice LD, voici comment on peut trouver ces trois choses : on tire d'abord, dans la parabole, deux cordes parallèles PM et ON que l'on partage en deux parties égales, et par les points de division, on mène une droite GF qui rencontre la courbe au point E.

Par ce point E, et perpendiculairement à la droite GF, on tire ensuite dans l'intérieur de la courbe la nouvelle corde EL dont on cherche exactement le milieu x.

Cela fait, si par le point x on mène une parallèle à la droite GF, celle parallèle BC sera l'axe de la parabole, et le point A, section de l'axe et de la courbe, en sera ce qu'on appelle le sommet.

Si l'on tire alors, jusqu'à l'axe, et par le point E, une ligne EH qui soit perpendiculaire sur OM ou sur ON, cette droite rencontrera l'axe au point H.

Il ne reste plus alors qu'à prendre la moitié de xH et à la porter sur l'axe de part et d'autre du sommet A ; car on ob-

tient ainsi, dans la courbe, le foyer p, et hors de la courbe, le point B, par lequel il faut mener une perpendiculaire à l'axe, pour avoir, dans cette perpendiculaire LD, la directrice cherchée de la parabole dont on s'occupe.

Par le moyen du procédé ci-dessus, on peut toujours reconnaître si une courbe ouverte est ou n'est pas une parabole, ce qui est utile à ceux qui veulent s'assurer de la justesse des ligues du Zodiaque quand elles sont paraboliques.

358. On appelle *ellipse*, une courbe fermée (*fig.* 66), qui est tellement construite autour des deux points p et p', que la somme des distances de ces deux poiuts intérieurs à tous les points de la circonférence elliptique, est toujours invariablement la même.

Quand on connaît les deux points p et p', ainsi qne la droite AB, on peut tracer l'ellipse d'une manière toute mécanique, en s'y prenant comme nous allons dire.

On commence par fixer aux deux points p et p', et au moyen d'aiguilles très-fines, un fil qui ait exactement la longueur de la droite AB; ensuite on tend ce fil au moyeu d'un crayon en le dirigeant vers le point A. Cela fait, on promène son crayon de A vers D, puis vers B, en tendant toujours le fil, qui se trouve plié en deux, comme cela se fait voir en pDp'. Ce résultat obtenu, on tourne le fil de l'autre côté de AB; on répète le même procédé, et l'on obtient ainsi une véritable ellipse ADBE, puisque chaque point de cette courbe est éloigné des deux points p et p' de deux quantités dont la somme est constamment égale à la ligne AB.

359. En employant la géométrie, quand on connaît ces deux points p et p' ainsi que la ligne AB, on peut toujours fort aisément trouver autant de points qu'il en faut pour déterminer l'ellipse, qui se trouve formée aussitôt qu'ils sont joints les uns aux autres par une courbe continue. Il en serait de même si on connaissait AB, ainsi que DE. Dans ce cas, on partage en deux la ligne AD et l'on tire, à travers son milieu C, une

ligne qui soit perpendiculaire à sa direction. On porte ensuite sur cette perpendiculaire deux longueurs C D et C E précisément égales à la moitié de D E ; puis, ayant pris une ouverture de compas égale à C A ou C B, on pose une pointe de l'instrument sur E ou sur D, et en le faisant tourner, on obtient sur la ligne A B, et de part et d'autre du point C, deux autres points, qui seront ici *p* et *p'*. Ces points trouvés, on décrit autour du point *p*, comme centre, plusieurs arcs de cercle *e'*, *d'*, *c'*, *b'*, *a'*; puis, autour du second point *p'*, on décrit de même les arcs de cercle *e*, *d*, *c*, *b*, en se servant des mêmes rayons que l'on porte tous sur A B, à partir de A ou de B. On obtient ainsi sur cette droite les points *i*, *h*, *g*, *f*.

Si c'est à partir de B qu'on les a marqués, on prend successivement, avec le compas, la distance qui se trouve entre chacun d'eux et le point A, et l'on obtient ainsi de nouveaux rayons avec lesquels, des points *p* et *p'* comme centres, on décrit de nouveaux arcs, qui rencontrent ceux qui correspondent aux rayons complémentaires en des points *a'*, *b'*, *c'*, *d'*, que l'on trouve aussi quatre à quatre, et qui déterminent suffisamment l'ellipse, quand ils sont assez nombreux pour figurer une courbe continue.

Dans l'ellipse dont nous venons de nous occuper, la ligne A B est le grand axe, le point C est le centre, et la droite D E, le petit axe. A et B sont les sommets principaux; *p* et *p'*, les deux foyers, et leurs distances au centre, $p\,C = p'\,C$, forment l'excentricité de la courbe. Chacune des lignes P S ou G H est une corde.

360. De même que l'on peut construire une ellipse au moyen de ses deux axes, ou d'un axe et des deux foyers, de même aussi l'on pourra toujours trouver les points principaux et les lignes principales d'une ellipse dont on connaîtrait la périphérie.

Supposons donc que l'on ne connaisse que le contour de l'ellipse dont nous venons de nous occuper.

On tirera d'abord, dans l'intérieur de l'ellipse, deux cordes parallèles GH et JK; on les partagera en deux, et l'on en joindra les milieux L et M, l'un avec l'autre, par le moyen d'une nouvelle corde NO, dont le milieu C sera le centre; ensuite, autour du point C comme centre, et avec un rayon moindre que AC, mais plus grand que CD, on décrira une circonférence de cercle qui coupera le périmètre de la courbe en quatre points qui détermineront le quadrilatère rectangle PSRQ. Si l'on mène alors, par le point C, deux droites qui soient parallèles aux côtés de ce rectangle, celle des deux qui sera perpendiculaire sur les petits côtés du quadrilatère sera le grand axe AB; tandis que celle qui sera perpendiculaire sur les grands côtés sera le petit axe CD. Ces deux axes trouvés, on cherchera les foyers, et ceux-ci trouvés, rien ne sera plus facile que de vérifier l'exactitude de la courbe. On pourra donc toujours, par ce moyen, s'assurer si une courbe oblongue et fermée, est ou n'est pas rigoureusement une ellipse.

361. On appelle *hyperbole*, la courbe que vous voyez figure 67. Elle est tellement construite entre les deux points p et p', que la différence des distances de ses deux foyers à chacun des points de son périmètre est toujours invariablement la même. Quand la position des trois points p, A et p' est connue, l'hyperbole peut être mécaniquement dessinée, en suivant la marche que voici : on commence par choisir un des points p ou p', pour y attacher une règle, de façon qu'elle puisse s'appliquer en même temps dans la direction de la droite FG, qui passe par les points p et p'. On attache ensuite à un point J de la règle et au point p du plan, un fil bien flexible qui ait la longueur Jp'; on tend ce fil contre la règle, en se servant d'un crayon qui lui donne l'apparence qui se fait voir en JMp, et l'on finit par faire marcher le crayon (en tendant toujours également le fil) d'abord de H vers A, puis de A vers J : on obtient ainsi la branche d'hyperbole HAJ.

La seconde branche KBL se construira au moyen de p, de

la même manière que H A J au moyen de p'. Il suit de là que les deux parties de la courbe sont parfaitement égales.

Pour construire géométriquement la même hyperbole, on s'y prend comme nous allons dire : autour de p' comme centre, on décrit plusieurs arcs de cercle a, b, c, d; on porte leurs rayons sur B F, à partir de B, et l'on mesure les distances du point A à chacun des points g, h, i, ainsi trouvés. Cela fait, on porte une pointe de compas en p; puis, en faisant tourner l'autre pointe, on entrecoupe les arcs correspondants, c'est-à-dire, ceux dont les rayons, diminués de la ligne A B, donneraient une différence égale à l'ouverture actuelle du compas : il ne reste plus alors qu'à joindre par une courbe continue les points a, b, c, d, A, ainsi trouvés. Cette ligne sera une hyperbole, car les différences $a\,p' - a\,p$, $b\,p' - b\,p$, etc., des distances de tous les points a, b, etc., aux deux points p et p', sont invariablement égales entre elles, puisqu'elles le sont toutes à la ligne A B.

Dans l'hyperbole, la ligne A B se nomme le premier axe; les points p et p', qui sont situés sur son prolongement, sont appelés les foyers, et l'on appelle le centre le point C qui se trouve au milieu de ceux-ci. La distance $p\,C = p'\,C$ des foyers au centre est ce que l'on appelle l'excentricité ; les points A et B sont les deux sommets, et si, à travers le centre, on tire une ligne D E perpendiculaire sur A B, et que, de l'un ou de l'autre des points A ou B, comme centre, avec une ouverture de compas égale à l'excentricité $p\,C$ ou $p'\,C$, on entrecoupe aux points D et E la perpendiculaire D E, alors la droite D E, ainsi limitée, sera ce que l'on appelle le second axe de l'hyperbole.

Que, par l'un ou par l'autre des sommets A ou B, on tire maintenant une perpendiculaire D' E' qui soit égale au second axe D E, et dont le milieu soit sur la ligne A B, et que l'on joigne ensuite les points D', E' avec le point C, au moyen des droites C U et C V, ces deux droites, qu'on nomme *asymptotes*, s'approcheront de plus en plus de l'hyperbole, mais elles ne la rencontreront qu'à une distance infinie, c'est-à-dire jamais.

ARTICLE II.

NOUVELLE MANIÈRE DE S'ASSURER DE L'EXACTITUDE DES LIGNES ZODIACALES.

362. Quand on a dessiné, ainsi que nous l'avons fait sur la figure 68, les différents cônes que le style engendre pendant chacun des jours où le Soleil se trouve dans un des douze signes du Zodiaque, rien n'est plus facile que de se servir de la figure tracée, pour obtenir les sections faites dans tous ces cônes, par un plan dont on connaît la position par rapport à l'axe de la Terre.

Voici comment on s'y prend : à partir du point p, sommet commun de tous les cônes, et celui des points du style que l'on regarde comme le générateur des courbes zodiacales, on commence d'abord par porter, sur l'axe p D ou p P, la distance qui se trouve au cadran solaire entre son centre O et celui des points de son style qui se nomme toujours le point p : on obtient ainsi le point O de la figure 68.

Par ce point O, ou par son symétrique O', que l'on vient de déterminer, on mène une droite qui fasse avec l'axe P D un angle égal à l'inclinaison du style, sur le plan du cadran solaire : c'est le complément de celui que le même plan fait avec celui de l'équateur.

Prolongeant enfin, jusqu'aux bases A B et H K des cônes d'ombre, le nouveau côté de cet angle, on a, sur la figure, la représentation géométrique E M de la table du cadran dont la position se trouve fixée par rapport à chacun de ces cônes.

Nous avons dit, dans le temps, quelles positions relatives doivent avoir un plan et un cône, pour que leur mutuelle intersection ait la forme d'une parabole, d'une hyperbole, d'une ellipse ou d'un cercle : il nous suffira donc de bien examiner la figure 68, pour pouvoir conclure, de son inspection, la na-

ture des sections coniques qui sont les lignes zodiacales du cadran E M.

En procédant à cette inspection, on voit d'abord que la ligne E M y représente aussi l'axe commun de toutes les sections coniques, et que les distances O' *a*, O' *a*' O' *a*'' y sont précisément égales aux distances qui séparent, sur le cadran, les différents sommets des sections de l'origine O de son style.

On sait d'ailleurs que la ligne A Q est à la fois la représentation de l'équateur et celle du plan d'ombre que décrit le point *p* à l'époque des équinoxes, et que sa section *a*'', sur la figure 68, (♈ ♎, sur tous les cadrans solaires), est et ne peut être qu'une ligne droite perpendiculaire à l'axe commun des autres sections coniques.

Si, par conséquent, du point O, origine du style et centre du cadran solaire, on mène une perpendiculaire à l'équinoxiale connue, ce sera l'axe du cadran; et si, ensuite, on prend sur cette perpendiculaire, à partir du même point O, des longueurs respectivement égales aux lignes O' *a*, O'*a*', etc., de la figure 68, les extrémités des lignes transportées détermineront, sur l'axe commun des lignes zodiacales, les différents sommets de ces courbes.

Cela posé, nous savons que pour construire une section conique, quelle qu'elle soit, il suffit d'en connaître les sommets et les foyers. Nous venons de voir comment se trouvent les sommets; occupons-nous donc d'en trouver les foyers.

363. *Cas où la courbe est une parabole.* — Pour que la section conique soit une parabole, nous supposerons que la droite E M soit parallèle au côté *p* C du cône C *p* C'. Dans cette hypothèse, à partir de *p*, sur chacune des lignes *p*C, *p*C', prenez des longueurs *pt*, *pt*' qui soient toutes deux égales à la distance E C qui se trouve entre la droite E M et sa parallèle *p*C; tirez ensuite une droite *tt*' qui sera perpendiculaire à l'axe P D : cette perpendiculaire *tt*' sera ce que

l'on appelle *le paramètre* de la courbe ; sa moitié $\frac{tt'}{2}$ sera la distance du foyer à la directrice, et son quart $\frac{tt'}{4}$ sera la distance du sommet à cette dernière ligne.

Cette ligne trouvée (*fig.* 68), à partir de A (*fig.* 69), sur la droite BC que nous supposons être, sur le cadran, l'axe connu de la courbe, prenez d'abord une distance Ap' qui soit égale au quart de tt' (*fig.* 68), faites ensuite en O' (*fig.* 69) l'angle PO'B égal à l'angle p O'a (*fig.* 68), et prenez enfin (*fig.* 69) la ligne O'p égale à la droite O'p' (*fig.* 68) : il ne vous restera plus qu'à porter, en partant de A (*fig.* 69), la ligne Ap' sur AB, en faisant $Ap' = AB$; car alors p' sera le foyer, et le point B celui au travers duquel il faut mener la directrice LD, qui doit être perpendiculaire à l'axe BC.

364. *Cas où la courbe est une hyperbole.* — La ligne EM étant toujours le plan du cadran solaire, si (*fig.* 68) l'on avait l'angle $y = w$ et que ce dernier fût plus grand que ne le sont v et u, les sections du plan EM, avec les cônes B'p B", ApB, et leurs opposés au sommet, seront des hyperboles.

Dans ce cas, on commence par tirer au travers du point p, sommet commun des cônes opposés ApB, HpK, une droite CL qui soit parallèle à la droite EM, et l'on porte, à partir du point O du style OP, sur le cadran solaire, les distances O' a', O' a''' (*fig.* 41) des points a', a''' suivant lesquels le plan du cadran solaire entre-coupe la surface des deux cônes la plus près possible du point p.

Sur la droite BC (*fig.* 70 et 71), ligne qu'il faut concevoir perpendiculaire à l'équinoxiale du cadran, et passant par son centre O, portez donc d'abord la distance O'A égale à la ligne O'a' de la figure 68 ; puis, faisant $AB = a'a'''$, marquez exactement le point milieu C de la ligne AB : vous aurez en lui le centre de l'hyperbole (*fig.* 70 et 71), et la droite BC,

qui passe par les mêmes points, sera le premier ou le principal axe de la courbe.

Menez ensuite, à une distance quelconque du point p, sommet commun des cônes opposés, deux transversales oo', qq', qui soient perpendiculaires sur l'axe PD, et décrivez les deux quarts de cercle oo'', qq'' autour des centres respectifs m et m^{iv}.

Cela fait, à partir des points d' et d^{iv}, suivant lesquels les diamètres oo', qq' rencontrent la ligne CL qui est parallèle au plan EM du cadran solaire, menez à ces mêmes diamètres des perpendiculaires, et prolongez-les jusqu'à leur rencontre avec les quarts de cercles sur lesquels elles se terminent aux deux points i''' et i^{iv}.

Maintenant (*fig.* 70 et 71), sur une droite indéfinie, et à partir de l'un de ses points C, prenez deux longueurs dirigées en sens contraire, et telles que l'une d'elles CG (*fig.* 70) soit égale à la ligne pd'' de la figure 68, tandis que l'autre CG (*fig.* 71) doit être égale à la ligne pd^{iv} de la même 68e figure.

Par le point G ainsi trouvé sur vos deux figures, tirez alors deux lignes EF qui soient d'équerre à vos lignes CG, et de chaque côté de cette perpendiculaire mesurez deux longueurs GE, GF, respectivement égales aux lignes $d''i'''$, $d^{\text{iv}}i^{\text{iv}}$ de la figure 68.

En joignant alors, sur vos deux figures, votre premier point C avec les extrémités E, F, des perpendiculaires ci-dessus mentionnées, vous obtiendrez deux droites CE, CF : ce seront les asymptotes de vos courbes, et si vous menez jusqu'aux asymptotes une perpendiculaire AD, cette perpendiculaire sera égale à la moitié du second axe.

Il suit de là qu'en menant, par le point C, sur la ligne CG, une perpendiculaire CD', qui soit égale à la ligne AD, cette perpendiculaire sera elle-même une des deux moitiés du second axe; et que si vous portez, à partir de C, sur la droite

AB prolongée, deux lignes opposées C*p*, C*p'*, qui soient toutes deux égales à l'oblique AD', les points *p* et *p'* ainsi trouvés seront les foyers de la courbe.

Par le moyen de ces points, et des sommets connus A et B, rien n'est plus facile maintenant que de construire les figures 70 et 71, en employant, pour tracer les hyperboles KAL, le procédé qui nous a servi pour la construction de la figure 67.

Pour ces deux sections des cônes opposés, c'est la même distance *a' a'''* (*fig.* 68) qui détermine d'abord la longueur AB de l'axe principal. Sur toutes deux, le point C est à une égale distance de A et de B; et, sur toutes deux, c'est de la même manière que se détermine l'angle ECF des deux asymptotes : on doit donc comprendre qu'il est impossible que les deux courbes ne soient point pareilles.

On doit comprendre aussi que la figure 71, section du cône supérieur H*p*K, qui est l'opposé de A*p*B, se trouverait en même temps que la figure 70, si l'on construisait une seconde branche pareille à la première, en substituant seulement au sommet A le sommet B, et au foyer *p* le foyer *p'*: ce ne sont, en effet, que les conséquences naturelles de l'exacte symétrie des cônes opposés qui se correspondent.

Si l'angle ROD (*fig.* 68), que le plan RK du cadran solaire forme avec le style O*p*, était moindre que A*p*D, que B'*p*D et que C*p*D, ou, ce qui revient au même, si l'angle *z* était plus grand que *u*, que *v* et que *w*, alors toutes les lignes du Zodiaque seraient des hyperboles, et on pourrait les déterminer en suivant une marche toute semblable à celle dont nous venons de faire mention, c'est-à-dire en ayant recours aux lignes FG, aux quarts de cercle oo", *g" n'*, *g' l'*, ou *q q"*, *rr'*, *ss'*, ainsi qu'aux perpendiculaires *d''' k'*, *d''' i"*, *d''' i'*, ou *d*^{v} *k"*, *d*^{v} *k'''* *d*^{v} *k*^{iv}, et aux distances des sommets *bb'''*, *b*, *b"*. C'est de cette manière qu'ont été construites les figures 72 et 73, qui correspondent aux cônes C*p*C', B'*p*B", et dans lesquels AB (*fig.* 72), CG et EG équivalent respectivement à *bb'''*, *d''' p* et

$d'''i'$, de la figure 68, aussi bien que AB (*fig.* 73), CG et EG équivalent à $b'b''$, pd''', $d'''i''$; ces deux sections sont précisément les lignes zodiacales ♋ ♋, et ♈ ♉ pour le plan RK du cadran solaire, ayant le point O pour origine du style, et Op pour la distance à laquelle se trouve de O le point p, qui décrit les lignes du Zodiaque.

365. *Cas où la courbe est une ellipse.* — Lorsque l'angle NO″D (*fig.* 68), que le plan NO du cadran solaire forme avec son style O″P, est plus grand que CpD, que B′pD et que ApD, ou, ce qui revient au même, lorsque l'angle x est moindre que u, que v et que w, alors les sections du cadran et des cônes sont des ellipses. Les points c, c'', ainsi que c', c''' sont les sommets des ellipses, et les droites cc'', $c'c''$ sont les deux grands axes des mêmes courbes. Si donc on partageait chacune de ces lignes en deux parties égales, et si l'on tirait, à travers les points d' et d de la division, deux lignes qui soient d'équerre à l'axe de la Terre, c'est-à-dire si l'on prenait pour le cône qui correspond aux points c et c'', la ligne menée au travers de d', et pour le cône correspondant à c et c''', la ligne menée au travers de d; si, après cela, on décrivait autour des centres m'' et m' de ces lignes, les cercles gl et $m'n$ avec les rayons $m''g$ et $m'e$; si l'on tirait ensuite, en partant de d', jusqu'au premier arc, une ligne qui soit d'équerre à gh, et, en partant de d, jusqu'au second arc, une autre ligne qui soit aussi d'équerre à ef, il en résulterait qu'on aurait déterminé les lignes $d'i$ et dk ou les petits demi-axes des deux ellipses; que la ligne $d'i$ serait l'axe de l'ellipse cc'', et que la ligne dk serait celui de l'ellipse $c'c'''$.

A partir du point O″ du style O″P, portez donc, du côté du Ciel, vers lequel la pointe du style est tournée, les moindres distances O″c et O″c' des sommets c, c', sur la ligne AB (*fig.* 74 et 75) qui passe par le point O du cadran solaire et qui est d'équerre à son équinoxiale, en faisant AO″ (*fig.* 74) = O″c', et AO″ (*fig.* 75) = F″c (*fig.* 68) et AB = $c'c'''$ et cc'': il résultera de toutes ces opérations que vous aurez déterminé les

deux grands axes A B, et la position des sommets A et B, par rapport au point O des figures 74 et 75.

Quand on partage en deux le premier axe, et que, par le point milieu C, l'on tire une ligne D E perpendiculairement à la droite A B, si l'on porte, à partir de C, sur celle perpendiculaire, et de deux côtés de A B, des longueurs égales aux demi-petits axes, en faisant C E ainsi que C D (*fig.* 47) = *dk* (*fig.* 41) et C E ainsi que C D (*fig.* 48) = *d' e* (*fig.* 41), on aura déterminé (*fig.* 47 et 48) la position des deux axes A B et D E, par lesquels se laissent construire les foyers *p p* et les ellipses A D B E. Ce sont les lignes zodiacales ♌ ♉ et ♋ ♋, sur le cadran solaire N O, en supposant que le point O'' soit l'origine du style O'' P sur le plan du cadran : elles font voir la distance O'' *p* à laquelle le point *p* se trouve du point O''.

Quand le plan du cadran solaire rencontre perpendiculairement l'axe commun des cônes d'ombre, toutes les sections coniques, ainsi que toutes les lignes du Zodiaque, sont des cercles sur le cadran ; et si *pm'* est la distance du point *p*, qui décrit la ligne zodiacale, au point *m'* du style *m'*, pour le plan du cadran solaire, alors *m'o*, *m'g''*, *m'g'* sont les rayons des bases des cônes pour cette distance.

Quand le plan du cadran solaire est parallèle au style, comme cela arrive toujours dans les cas des cadrans polaires, il est évident que toutes les sections coniques, ainsi que les lignes du Zodiaque, sont des hyperboles.

Dans ce cas, si l'on porte la distance du style, en partant de D, sur D B ou sur D A, et que l'on tire, à travers le point ainsi obtenu, une parallèle à la droite P D, celle-ci détermine la position du cadran solaire par rapport aux cônes des ombres.

Si l'on tire ensuite perpendiculairement au-dessous du point *p* du style P D, sur le plan du cadran solaire, une ligne qui lui soit d'équerre, cette ligne sera la ligne zodiacale ♈ ♎ du cadran, c'est-à-dire l'intersection de leur plan avec celui de l'équateur.

Tire-t-on enfin perpendiculairement, au-dessous du style, une ligne qui soit d'équerre à cette première droite ♈ ♎, cette nouvelle ligne sera l'axe principal de toutes les sections coniques ou lignes zodiacales, la droite sur laquelle il faudra porter les distances où les sommets desdites sections se trouvent de la ligne ♈ ♎, ou dec elui des points qui la représente sur la figure 68.

La détermination des foyers et la construction des susdites sections s'exécutent comme on doit le faire quand ce sont des hyperboles, c'est-à-dire, en suivant la marche dont il a été fait mention à propos des figures 70 et 71.

Cela posé, supposons que P D (*fig.* 68) soit l'axe de la Terre ; P, le pôle arctique ; D, le pôle antarctique ; A Q, le plan de l'équateur ; supposons encore que *p* soit le point qui décrit les lignes du Zodiaque, du style PD, et que H *p* K, S *p* S', L *p* L, soient les cônes de l'ombre qu'engendrent les rayons solaires *p* K, *p* S, *p* L, quand le Soleil se trouve dans les signes méridionaux du Zodiaque (♏, ♐, ♑, ♓, ♒, ♑), tandis que A *p* B, B' *p* B'', C *p* C' sont, au contraire, les cônes des ombres qui sont engendrées quand le Soleil se trouve dans les signes septentrionaux (♈, ♓, ♋, ♍, ♌, ♋), d'après tout ce que nous venons de dire jusqu'à présent, on doit comprendre que, pour déterminer les lignes zodiacales d'un cadran, il suffit d'établir, relativement à PD, sur la figure 68, la véritable position de sa table, et de connaître la distance qui doit séparer son point O du point *p*.

Quand le plan du cadran solaire est tourné vers le pôle arctique, on porte d'abord, en partant de *p*, la distance *p* O sur la ligne *p* D, puis, au point O ainsi trouvé, l'on fait un angle égal à celui que le plan du cadran solaire forme avec l'axe de la Terre. Si, au contraire, le plan du cadran solaire était tourné vers le pôle antarctique, il faudrait porter, en partant de *p*, la distance *p* O sur *p* P pour dessiner en O l'angle du plan du cadran solaire et de l'axe de la Terre. On voit ainsi, d'après le

nombre des cônes que le plan du cadran solaire entre-coupe, quelles sont les lignes du Zodiaque qu'il faut marquer sur le cadran, et on apprend, en même temps, que tous les sommets de ces courbes se trouvent sur cette partie de la ligne du cadran solaire qui est d'équerre à l'intersection de la table du même cadran solaire avec la face de l'équateur vers laquelle le style est incliné.

Pour les ellipses, qui ont un second sommet, ce deuxième point important se trouve sur la partie opposée de cette ligne.

L'on voit encore que les sommets de toutes les lignes du Zodiaque sont tournés vers la ligne médiane ♈ ♎, et que toutes les autres lignes qui ne tombent pas entre celle-ci et le point O, par exemple *a'''* *b'''*, etc., sont tournées vers O, tandis que les autres se trouvent dans une position opposée ; parce que tous les foyers se trouvent en dedans des lignes des sections des cônes, comme cela se fait voir dans les figures 69, 70, etc., l'on voit, en même temps, quelle position on doit leur donner sur l'axe, relativement aux sommets, pour que chaque ligne du Zodiaque reçoive sa véritable position par rapport au style.

On pourra donc toujours, mécaniquement, quand on le voudra, tracer les lignes du Zodiaque d'un cadran solaire, quelle que soit d'ailleurs la nature de ces lignes ; ce que nous voulions démontrer.

Pour convertir le tems vrai en tems moyen, et réciproquement.

JANVIER.			FÉVRIER.		
JOURS	ÉQUATION.	DIFFÉRENCE.	JOURS	ÉQUATION.	DIFFÉRENCE.
	m. s.			m. s.	
1.	+ 3.40	28	1.	+ 13.57	9
2.	+ 4.08	28 +	2.	+ 14.05	8 +
3.	+ 4.36	28 en	3.	+ 14.12	7 en
4.	+ 5.04	28	4.	+ 14.18	6
5.	+ 5.32	28	5.	+ 14.23	5
6.	+ 5.59	27 +	6.	+ 14.27	4 +
7.	+ 6.26	27 en	7.	+ 14.30	3 en
8.	+ 6.53	27	8.	+ 14.33	3
9.	+ 7.19	26	9.	+ 14.36	2 +
10.	+ 7.44	25 +	10.	+ 14.38	2 en
11.	+ 8.08	24 en	11.	+ 14.40	2
12.	+ 8 30	22	12.	+ 14.38	2 en —
13.	+ 8.53	23	13.	+ 14.37	1
14.	+ 9.16	23 +	14.	+ 14.36	1 —
15.	+ 9.38	22 en	15.	+ 14.34	2 en
16.	+ 10.00	22	16.	+ 14.30	4
17.	+ 10.20	20	17.	+ 14.25	5
18.	+ 10.40	20 +	18.	+ 14.20	5 —
19.	+ 11.00	20 en	19.	+ 14.14	6 en
20.	+ 11.18	18	20.	+ 14.08	6
21.	+ 11.36	18	21.	+ 14.02	6
22.	+ 11.53	17 +	22.	+ 13.56	6 —
23.	+ 12.10	17 en	23.	+ 13.48	8 en
24.	+ 12.26	16	24.	+ 13.40	8
25.	+ 12.40	14	25.	+ 13.30	10
26.	+ 12.54	14 +	26.	+ 13.20	10 —
27.	+ 13 06	12 en	27.	+ 13.10	10 en
28.	+ 13.18	12	28.	+ 13.00	10
29.	+ 13 30	12 +	29.	+ 12.55	
30.	+ 13.39	9 en			
31.	+ 13.48	9			

Pour convertir le tems vrai en tems moyen, et réciproquement.

MARS.			AVRIL.		
JOURS	ÉQUATION.	DIFFÉRENCE.	JOURS	ÉQUATION.	DIFFÉRENCE.
	m. s.			m. s.	
1.	+ 12.43	10	1.	+ 4.06	19
2.	+ 12.33	12 en —	2.	+ 3.47	19 en —
3.	+ 12.21	12	3.	+ 3.28	19
4.	+ 12.08	13	4.	+ 3.10	18
5.	+ 11.54	14	5.	+ 2.52	18
6.	+ 11.40	14 en —	6.	+ 2.34	18 en —
7.	+ 11.25	15	7.	+ 2.17	17
8.	+ 11.10	15	8.	+ 2.00	17
9.	+ 10.55	15	9.	+ 1.43	17
10.	+ 10.39	16 en —	10.	+ 1.26	17 en —
11.	+ 10.23	16	11.	+ 1.09	17
12.	+ 10.07	16	12.	+ 0.52	17
13.	+ 9.50	17	13.	+ 0.36	16
14.	+ 9.33	17 en —	14.	+ 0.20	16 en —
15.	+ 9.16	17	15.	+ 0.05	15
16.	+ 8 58	18	16.	— 0.10	15
17.	+ 8.40	18	17.	— 0.25	15
18.	+ 8.22	18 en —	18.	— 0.40	15 en +
19.	+ 8.04	18	19.	— 0.54	14
20.	+ 7.46	18	20.	— 1.08	14
21.	+ 7.28	18	21.	— 1.20	12
22.	+ 7.10	18 en —	22.	— 1.32	12 en +
23.	+ 6.52	18	23.	— 1.44	12
24.	+ 6.34	18	24.	— 1.56	12
25.	+ 6.16	18	25.	— 2.07	11
26.	+ 5 58	18 en —	26.	— 2.17	10 en +
27.	+ 5 40	18	27.	— 2.27	10
28.	+ 5.22	18	28.	— 2.37	10
29.	+ 5.03	19	29.	— 2.46	9
30.	+ 4.44	19 en —	30.	— 2.54	8 en +
31.	+ 4.25	19			

Pour convertir le tems vrai en tems moyen, et réciproquement.

MAI.			JUIN.		
JOURS	ÉQUATION.	DIFFÉRENCE.	JOURS	ÉQUATION.	DIFFÉRENCE.
	m. s.			m. s.	
1.	— 3 02	8	1.	— 2.41	9
2.	— 3.10	8 +	2.	— 2.32	9 —
3.	— 3.18	8 en	3.	— 2.23	9 en
4.	— 3.25	7	4.	— 2.14	9
5.	— 3.31	6	5.	— 2·04	10
6.	— 3.36	5 +	6.	— 1.54	10 —
7.	— 3.41	5 en	7.	— 1.44	10 en
8.	— 3.46	5	8.	— 1.33	11
9.	— 3.50	4	9.	— 1.22	11
10.	— 3.53	3 +	10.	— 1.11	11 —
11.	— 3.55	2 en	11.	— 1.00	11 en
12.	— 3.57	2	12.	— 0.48	12
13.	— 3.59	2	13.	— 0.35	13
14.	— 4.00	1 +	14.	— 0.22	13 —
15.	— 4.00	0 en	15.	— 0.09	13 en
16.	— 4.00	0	16.	+ 0.04	13
17.	— 3.59	1	17.	+ 0.17	13
18.	— 3.58	1 —	18.	+ 0.30	13 +
19.	— 3.56	2 en	19.	+ 0.43	13 en
20.	— 3.53	3	20.	+ 0.56	13
21.	— 3.50	3	21.	+ 1.09	13
22.	— 3.47	3 —	22.	+ 1.22	13 +
23.	— 3.43	4 en	23.	+ 1.35	13 en
24.	— 3.38	5	24.	+ 1.48	13
25.	— 3.32	6	25.	+ 2.01	13
26.	— 3 26	6 —	26.	+ 2.14	13 +
27.	— 3.20	6 en	27.	+ 2.26	12 en
28.	— 3.13	7	28.	+ 2.38	12
29.	— 3·06	7 —	29.	+ 2.51	13 +
30.	— 2.58	8 en	30.	+ 3.03	12 en
31.	— 2.50	8			

Pour convertir le tems vrai en tems moyen, et réciproquement.

JUILLET.			AOUT.		
JOURS	ÉQUATION.	DIFFÉRENCE.	JOURS	ÉQUATION.	DIFFÉRENCE.
	m. s.			m. s.	
1.	+ 3.15	12	1.	+ 5.58	2
2.	+ 3.27	12 +	2.	+ 5,54	4 −
3.	+ 3.38	11 en	3.	+ 5.50	4 en
4.	+ 3.49	11	4.	+ 5.45	5
5.	+ 4.00	11	5.	+ 5.40	5
6.	+ 4.10	10 +	6.	+ 5.34	6 −
7.	+ 4.20	10 en	7.	+ 5.28	6 en
8.	+ 4.30	10	8.	+ 5.21	7
9.	+ 4.39	9	9.	+ 5.13	8
10.	+ 4.48	9 +	10.	+ 5.04	9 −
11.	+ 4.56	8 en	11.	+ 4.55	9 en
12.	+ 5.04	8	12.	+ 4.46	9
13.	+ 5.12	8	13.	+ 4.36	10
14.	+ 5.19	7 +	14.	+ 4.26	10 −
15.	+ 5.26	7 en	15.	+ 4.15	11 en
16.	+ 5.32	6	16	+ 4.03	12
17.	+ 5.38	6	17.	+ 3.51	12
18.	+ 5.43	5 +	18.	+ 3.39	12 −
19.	+ 5.48	5 en	19.	+ 3.26	13 en
20.	+ 5 52	4	20.	+ 3.12	14
21.	+ 5.56	4	21.	+ 2.58	14
22.	+ 5.59	3 +	22.	+ 2.44	14 −
23.	+ 6.02	3 en	23.	+ 2.29	15 en
24.	+ 6.04	2	24.	+ 2.14	15
25.	+ 6.05	1	25.	+ 1.58	16
26.	+ 6.06	1 +	26.	+ 1.42	16 −
27.	+ 6.07	1 en	27.	+ 1.25	17 en
28.	+ 6.06	1	28.	+ 1.08	17
29.	+ 6.05	1 −	29.	+ 0.51	17 −
30.	+ 6.03	2 en	30.	+ 0.33	18 en
31.	+ 6.00	3	31.	+ 0.15	18

Pour convertir le tems vrai en tems moyen, et réciproquement.

SEPTEMBRE.			OCTOBRE.		
JOURS	ÉQUATION.	DIFFÉ-RENCE.	JOURS	ÉQUATION.	DIFFÉ-RENCE.
	m. s.			m. s.	
1.	— 0.03	18	1.	— 10.12	20
2.	— 0.22	19 +	2.	— 10.31	19 +
3.	— 0.41	19 en	3.	— 10.51	20 en
4.	— 1.00	19	4.	— 11.10	19
5.	— 1.20	20	5.	— 11.28	18
6.	— 1.40	20 +	6.	— 11.46	18 +
7.	— 2,00	20 en	7.	— 12.03	17 en
8.	— 2.20	20	8.	— 12.20	17
9.	— 2.40	20	9.	— 12.36	16
10.	— 3.00	20 +	10.	— 12.52	16 +
11.	— 3.20	20 en	11.	— 13.08	16 en
12.	— 3.40	20	12.	— 13.23	15
13.	— 4.02	22	13.	— 13.37	14
14.	— 4.24	22 +	14.	— 13.50	13 +
15.	— 4.45	23 en	15.	— 14.03	13 en
16.	— 5.05	20	16.	— 14.16	13
17.	— 5.26	21	17.	— 14.28	12
18.	— 5.47	21 +	18.	— 14.40	12 +
19.	— 6.08	21 en	19.	— 14.51	11 en
20.	— 6.29	21	20.	— 15.02	11
21.	— 6.50	21	21.	— 15.13	11
22.	— 7.11	21 +	22.	— 15.22	11 +
23.	— 7.32	21 en	23.	— 15.30	8 en
24.	— 7.52	20	24.	— 15.38	8
25.	— 8.12	20	25.	— 15.45	7
26.	— 8.32	20 +	26.	— 15.51	6 +
27.	— 8.52	20 en	27.	— 15.56	5 en
28.	— 9.12	20	28.	— 16.01	5
29.	— 9.32	20 +	29.	— 16.05	4 +
30.	— 9.52	20 en	30.	— 16.09	4 en
			31.	— 16.12	3

Pour convertir le tems vrai en tems moyen, et réciproquement.

NOVEMBRE.				DÉCEMBRE.			
JOURS	ÉQUATION.	DIFFÉRENCE.		JOURS	ÉQUATION.	DIFFÉRENCE.	
	m. s.				m. s.		
1.	— 16.15	3	en —	1.	— 10.50	22	en —
2.	— 16.15	0		2.	— 10.26	24	
3.	— 16.14	1		3.	— 10.02	24	
4.	— 16.13	1		4.	— 9.37	25	
5.	— 16.12	1	en —	5.	— 9.12	25	en —
6.	— 16.10	2		6.	— 8.46	26	
7.	— 16.07	3		7.	— 8.20	26	
8.	— 16.04	3		8.	— 7.54	26	
9.	— 16.00	4	en —	9.	— 7.27	27	en —
10.	— 15.55	5		10.	— 7.00	27	
11.	— 15.48	7		11.	— 6.32	28	
12.	— 15.40	8		12.	— 6.04	28	
13.	— 15.32	8	en —	13.	— 5.36	28	en —
14.	— 15.23	9		14.	— 5.08	28	
15.	— 15.13	10		15.	— 4.40	28	
16.	— 15.03	11		16.	— 4.11	29	
17.	— 14.52	11	en —	17.	— 3.42	29	en —
18.	— 14.41	11		18.	— 3.13	29	
19.	— 14.29	12		19.	— 2.44	29	
20.	— 14.15	14		20.	— 2.15	29	
21.	— 14.00	15	en —	21.	— 1.45	30	en —
22.	— 13.44	16		22.	— 1.15	30	
23.	— 13.27	17		23.	— 0.45	30	
24.	— 13.10	17		24.	— 0.15	30	
25.	— 12.52	18	en —	25.	+ 0.15	30	en +
26.	— 12.33	19		26.	+ 0.45	30	
27.	— 12.14	19		27.	+ 1.15	30	
28.	— 11.54	20		28.	+ 1.45	30	
29.	— 11.34	20	en —	29.	+ 2.15	30	en +
30.	— 11.12	22		30.	+ 2.44	29	
				31.	+ 3.12	28	

ARTICLE IV.

MANIÈRE DE RÉGLER LES HORLOGES.

367. Ayant enseigné l'art de tracer les cadrans solaires, on pourra avoir l'heure avec exactitude par leur secours. Comme le Soleil ne luit pas toujours, il resterait beaucoup de temps pendant lequel on ignorerait l'heure, si l'on n'avait pas inventé les horloges qui font tant d'honneur à l'esprit humain. Malheureusement, ces ingénieuses machines, pour être utiles, ont besoin d'être réglées de temps en temps sur le Soleil. Ainsi, pour rendre les productions de la Gnomonique d'un usage plus étendu, nous nous sommes proposé de donner quelques avis, non-seulement pour qu'on puisse mettre les horloges à l'heure, mais encore pour qu'on puisse en régler la marche, et rendre leur mouvement conforme au temps moyen, qui est celui qui leur est propre. Par le terme *horloge*, nous entendons ici les trois espèces d'appareils bien connus, savoir : les *montres de poche* ou *portatives*, les *pendules de chambre* et les *grosses horloges*, entre lesquelles nous n'établirons ici de distinction que quand cela sera nécessaire.

368. L'heure la plus propre et la plus commode pour régler une horloge, est celle de midi prise sur une bonne et grande méridienne, ou, à son défaut, sur le midi d'un cadran ordinaire fait avec soin. On pourrait également choisir une, deux ou trois heures avant ou après-midi, pourvu qu'on prenne toujours la même heure pour les observations.

369. Si l'on a choisi l'heure de midi, on y doit mettre exactement l'horloge. Or, pour faire cette opération comme il faut, il convient de distinguer l'espèce d'horloge que l'on veut régler. S'il s'agit d'une montre de poche, à secondes, on laissera aller l'aiguille des secondes sur 60, et l'on arrêtera

son mouvement au moyen de la détente que l'on a faite exprès pour cela. Ensuite, on mènera, avec la clef, l'aiguille des minutes également sur 60, et celle des heures qui suivra se trouvera sur XII heures. L'aiguille des secondes est si faible qu'il ne faut jamais la faire tourner ni la toucher, car on pourrait bien la gâter et endommager l'échappement. Lorsqu'on verra l'instant de midi sur la méridienne ou sur le cadran, on fera partir sur-le-champ le mouvement de la montre, au moyen de la détente. Si la montre est simplement à minutes, on la mettra à l'heure de midi à l'ordinaire, en faisant tourner l'aiguille des minutes avec la clef : on la mènera ainsi vis-à-vis le n° 60, et l'aiguille des heures se rendra d'elle-même, en suivant, vis-à-vis de l'indication de XII heures.

370. Si c'est une pendule à secondes, on pourra faire tourner à la main, à l'instant de midi, premièrement l'aiguille des secondes, et ensuite celle des minutes, en faisant en sorte qu'au moins celle des secondes arrive juste sur le n° 60, au moment même de midi. Si la pendule est simplement à minutes, on la mettra à l'heure de midi, en menant à la main l'aiguille des minutes sur l'indication de 60, et celle des heures se trouvera vis-à-vis de XII heures. Si c'est une grosse horloge, on la fera sonner à l'instant de midi, en avançant le mouvement, et non en levant la détente.

371. Si la personne ou l'horloge se trouvent éloignées de l'endroit où est la méridienne, on se servira d'une montre que l'on mettra à l'heure à l'instant de midi sur la méridienne ; et, lorsqu'on sera revenu, on mettra l'horloge sur l'heure où la montre se trouvera ; ce qu'il convient de faire le plus tôt possible. Si l'on veut une plus grande exactitude, et que la méridienne ne soit pas trop éloignée, on conviendra d'un signal, comme d'un coup de pistolet, par exemple, que celui qui regarde la méridienne devra tirer à l'instant de midi. Au bruit de la détonnation, la personne chargée de régler l'hor-

loge doit se hâter de la mettre à l'heure. Il faut observer toutefois que, si, depuis la méridienne jusqu'à l'horloge que l'on règle, il y avait 340 mètres (1020 pieds) d'éloignement, le son demeurerait à peu près une seconde à parcourir cette distance. Il faudra donc avoir égard à ce retardement. S'il y avait 680 mètres (2040 pieds) d'éloignement, il faudrait avancer la pendule de deux secondes, et ainsi de suite, proportionnellement.

372. Quand on aura mis ainsi exactement l'horloge à midi, on examinera le lendemain, à la même heure, si l'horloge est en avance ou en retard sur le Soleil de la quantité de secondes indiquées aux colonnes placées à la droite et un peu au-dessous de l'*équation du jour* dans la table ci-dessus.

373. La table qui précède est, comme on le voit aisément, une espèce de calendrier à trois colonnes : dans la première se trouve le quantième des mois; dans la seconde, un certain nombre de minutes et de secondes formant ce que nous venons d'appeler l'équation du jour; quant aux nombres placés dans la troisième colonne, ils représentent la différence toute calculée des nombres de secondes qui représentent les équations consécutives des jours entre lesquels on les voit placés.

374. Cela posé, par exemple, pour en revenir à notre horloge, supposons que ce soit le 17 novembre, à midi, qu'elle a été mise à l'heure du Soleil, et que l'ayant examinée le lendemain 18, on ait trouvé qu'elle avançait sur le Soleil de onze secondes, on en devra conclure que la montre a bien marché, parce que, onze secondes est le nombre qui se trouve sur la table entre les équations des 17 et 18 novembre. Si, le 18, l'horloge se rencontrait juste à midi avec la même heure sur la méridienne, il en faudrait conclure qu'elle aurait retardé de onze secondes. Si le midi de la pendule précédait celui du Soleil de six secondes, elle retarderait de cinq secondes, puisque, selon la différence des équations des deux jours, elle doit précéder de onze secondes le midi de la mé-

ridienne. On ne doit, en un mot, regarder une horloge comme bien réglée, qu'autant qu'elle avancera ou retardera, conformément à la table, parce qu'alors, mais seulement alors, on sera sûr qu'elle suit le temps moyen.

375. Si c'est une horloge à secondes, comme une montre à secondes, ou une pendule, on s'apercevra fort aisément de son avance ou de son retard, dont l'observation sera toujours bien sensible; mais si l'horloge ou la pendule sont simplement à minutes, on attendra deux ou trois jours, et même davantage, parce que l'avance ou le retard de l'appareil mécanique ne se laisserait pas apercevoir au bout de vingt-quatre heures seulement. Dans le cas où l'on agirait ainsi, il faudrait les différences des tables pour ces deux, pour ces trois, etc., jours écoulés, et examiner si l'horloge est véritablement en avance ou en retard, conformément à la somme des secondes additionnées.

S'il se rencontrait que, d'une observation à l'autre, l'horloge dût en partie avancer et en partie retarder, comme cela se trouve précisément avoir lieu, ainsi qu'on le peut constater aisément, aux différentes époques du 11 février, du 15 mai, du 26 juillet et du 1er novembre, il faudrait évidemment avoir égard à ces deux particularités.

376. Quand, par les observations précédentes, on sera bien positivement assuré que l'horloge avance, on en retardera le mouvement : ce sera le contraire si elle retarde. Pour avancer le mouvement d'une montre, on en tournera, avec la clef, tant soit peu à droite, l'aiguille de la rosette ou cadran régulateur. Quand nous disons à droite, il faut entendre le même sens dans lequel on tournerait l'aiguille des minutes si on avançait l'heure de la montre. On devra, du reste, réitérer la même observation et la même opération jusqu'à ce que l'horloge aille bien, en ayant soin, pour faire une seconde observation, de remettre toujours l'horloge exactement à l'heure de midi.

377. Pour avancer ou retarder le mouvement d'une pendule, il faut hausser ou baisser sa lentille, en tournant à droite ou à gauche l'écrou qui la soutient. Si l'on hausse ou baisse d'environ 2 millimètres (1 ligne) la lentille d'une pendule qui bat les secondes, on fera avancer ou retarder la pendule d'à peu près une seconde et demie en vingt-quatre heures. Quatre fois moins d'exhaussement ou d'abaissement produirait le même effet sur une pendule ou balancier qui battrait les demi-secondes.

On avancera ou retardera le mouvement des grosses horloges de la même manière que celui des pendules.

378. Quand une horloge mécanique, quelle qu'elle soit, a été réglée ainsi que nous venons de le dire, c'est le temps moyen qu'elle indique. Or, le temps moyen n'étant pas le même que le temps vrai que marquent les cadrans solaires, il est nécessaire de recourir à la table dont nous venons déjà de nous servir, pour reconnaître si l'horloge ne se dérange pas, et pour la remettre à l'heure qu'elle doit marquer, si par hasard elle se dérangeait.

Les nombres placés dans la deuxième colonne, c'est-à-dire les équations des différents jours, indiquent combien de minutes il faut additionner au temps vrai, quand il est précédé du signe +, ou combien il en faut soustraire de ce temps, quand il est précédé du signe —, pour le convertir en temps moyen, c'est-à-dire pour changer l'heure d'un cadran solaire en celle que doit marquer une horloge.

Si, par exemple, on était au 1er janvier, et que l'heure du temps vrai fût dix heures, comme vis-à-vis du 1er janvier on voit sur la table + trois minutes quarante secondes, il faudrait, à cette heure et ce jour-là, ajouter trois minutes quarante secondes aux dix heures du temps vrai pour avoir le temps moyen, dix heures trois minutes quarante secondes que toute horloge doit marquer, au lieu des dix heures seulement que marquent les cadrans solaires du même lieu.

Si, au contraire, le temps vrai était de cinq heures aux cadrans solaires, et que l'on fût à l'époque du 12 octobre, devant lequel se trouve indiquée l'*équation* — treize minutes vingt-trois secondes, il faudrait soustraire cette équation du temps vrai, pour avoir le temps moyen correspondant, qui serait aussi quatre heures quarante-six minutes trente-sept secondes.

On voit parlà, que pour tous les jours relativement auxquels se trouve le signe + devant l'équation du temps, il faut augmenter le temps vrai pour avoir le temps moyen : le contraire a précisément lieu pour tous les jours de l'année où le signe — se trouve devant les nombres placés dans la deuxième colonne de la table de conversion.

Si l'on était, par exemple, le 14 février, à neuf heures juste du temps moyen, pour transformer ce temps moyen en temps vrai, il faudrait changer en — le signe + de l'équation de ce jour, et par conséquent soustraire les quatorze minutes vingt-cinq secondes de cette équation des neuf heures du temps moyen : on aurait ainsi pour temps vrai huit heures quarante-cinq minutes trente-cinq secondes.

Si l'on était, au contraire, le 8 juin, à trois heures du temps moyen, il faudrait, pour transformer cette heure en temps vrai, changer en + le signe — de l'équation de ce jour, et par conséquent ajouter une minute trois secondes aux trois heures du temps moyen.

379. Ce que nous venons de dire est sans doute plus que suffisant pour faire comprendre au lecteur de quelle manière il faut s'y prendre pour régulariser le mouvement d'une horloge, et de quelle manière on peut s'assurer qu'elle suit exactement le temps moyen. Pour lui faire suivre le temps vrai, il faut s'assujétir à en conduire chaque jour les aiguilles d'un côté ou de l'autre, selon que le Soleil avance ou retarde, en faisant bien attention si, de chaque jour au suivant, l'appareil

avance ou retarde, conformément aux nombres des secondes marquées dans les troisièmes colonnes de la table des équations. Si cela n'avait point lieu, l'horloge ne marcherait pas uniformément. Avant de chercher à lui faire suivre le temps vrai, il faudrait commencer par recourir à la méthode ci-dessus indiquée, pour rendre son mouvement bien égal, et par conséquent bien conforme au temps moyen qu'elle doit naturellement indiquer.

---

380. DÉCLINAISON DU SOLEIL

A son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 *jours de l'année* 1801.

DATE.	JANVIER.	FÉVRIER.	MARS.
1	23° 2′ 3″S.	17° 8′ 41″S.	7° 38′ 43″S.
2	22. 56. 54.	16. 51. 29.	7. 15. 53.
3	22. 51. 20.	16. 33. 59.	6. 52. 57.
4	22. 45. 18.	16. 16. 13.	6. 29. 55.
5	22. 38. 48.	15. 58. 9.	6. 6. 48.
6	22. 31. 51.	15. 39. 49.	5. 43. 36.
7	22. 24. 27.	15. 21. 13.	5. 20. 20.
8	22. 16. 35.	15. 2. 22.	4. 57. 0.
9	22. 8. 18.	14. 43. 15.	4. 33. 37.
10	21. 59. 35.	14. 23. 54.	4. 10. 10.
11	21. 50. 27.	14. 4. 20.	3. 46. 40.
12	21. 40. 54.	13. 44. 30.	3. 23. 7.
13	21. 30. 55.	13. 24. 26.	2. 59. 32.
14	21. 20. 31.	13. 4. 10.	2. 35. 55.
15	21. 9. 43.	12. 43. 41.	2. 12. 16.
16	20. 58. 30.	12. 22. 59.	1. 48. 35.
17	20. 46. 54.	12. 2. 5.	1. 24. 53.
18	20. 34. 54.	11. 41. 0.	1. 1. 11.
19	20. 22. 29.	11. 19. 44.	0. 37. 29.
20	20. 9. 43.	10. 58. 17.	0. 13. 48.
21	19. 56. 33.	10. 36. 40.	0. 9. 54. N.
22	19. 43. 2.	10. 14. 56.	0. 33. 34.
23	19. 29. 9.	9. 53. 2.	0. 57. 13.
24	19. 14. 54.	9. 30. 59.	1. 20. 50.
25	19. 0. 17.	9. 8. 48.	1. 44. 25.
26	18. 45. 20.	8. 46. 28.	2. 7. 58.
27	18. 30. 2.	8. 24 1.	2. 31. 28.
28	18. 14. 24.	8. 1. 26.	2. 54. 55.
29	17. 58. 27.		3. 18. 18.
30	17. 42. 10.		3. 41. 38.
31	17. 25. 35.		4. 4. 54.

Suite de la table de la déclinaison du Soleil, à son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 jours de l'année 1801.

DATE.	AVRIL.	MAI.	JUIN.
1	4° 28′ 6″N.	15° 0′ 46″N.	22° 2′ 6″N.
2	4. 51. 13.	15. 18. 51.	22. 10. 11.
3	5. 14. 14.	15. 36. 41.	22. 17. 52.
4	5. 37. 9.	15. 54. 16.	22. 25. 10.
5	5. 59. 58.	16. 11. 35.	22. 32. 4.
6	6. 22. 41.	16. 28. 37.	22. 38. 35.
7	6. 45. 18.	16. 45. 23.	22. 44. 42.
8	7. 7. 48.	17. 1. 53.	22. 50. 26.
9	7. 30. 11.	17. 18 5.	22. 55. 45.
10	7. 52. 26.	17. 34. 0.	23. 0. 40.
11	8. 14. 33.	17. 49. 37.	23. 5. 12.
12	8. 36. 32.	18. 4. 57.	23. 9. 19.
13	8. 58. 23.	18. 19. 58.	23. 13. 1.
14	9. 20. 6.	18. 34. 41.	23. 16. 19.
15	9. 41. 40.	18. 49. 4.	23. 19. 12.
16	10. 3. 4.	19. 3. 10.	23. 21. 40.
17	10. 24. 18.	19. 16. 56.	23. 23. 44.
18	10. 45. 22.	19. 30. 24.	23. 25. 23.
19	11. 6. 16.	19. 43. 31.	23. 26. 37.
20	11. 27. 0.	19. 56. 18.	23. 27. 26.
21	11. 47. 33.	20. 8. 44.	23. 27. 51.
22	12. 47. 49.	20. 20. 50.	23. 27. 52.
23	12. 27. 54.	20. 32. 35.	23. 27. 28.
24	12. 47. 47.	20. 43. 58.	23. 26. 38.
25	13. 7. 27.	20. 55. 1.	23. 25. 24.
26	13. 26. 54.	21. 5. 43.	23. 23. 44.
27	13. 46. 8.	21. 16. 2.	23. 41. 40.
28	14. 5. 8.	21. 26. 0.	23. 19. 10.
29	14. 23. 54.	21, 35. 36.	23. 16. 17.
30	14. 42. 27.	21. 44. 48.	23. 12. 58.
31		21. 53. 57.	

Suite de la table de la déclinaison du Soleil, à son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 jours de l'année 1801.

DATE.	JUILLET.	AOUT.	SEPTEMBRE.
1	23° 9′ 16″N.	18° 6′ 54″N.	8° 23′ 29″N.
2	23. 5. 10.	17. 51. 43.	8. 1. 39.
3	23. 0. 39.	17. 36. 14.	7. 39. 40.
4	22. 55. 45.	17. 20. 28.	7. 17. 35.
5	22. 50. 25.	17. 4. 27.	6. 55. 25.
6	22. 44. 43.	16. 48. 8.	6, 33. 6.
7	22. 38. 37.	16. 31. 32.	6. 10. 40.
8	22. 32. 6.	16. 14. 41.	5. 48. 8.
9	22. 25. 14.	15. 57. 34.	5. 25. 30.
10	22. 17. 59.	15. 40. 11.	5. 2. 45.
11	22. 10. 19.	15. 22. 34.	4. 39. 55.
12	22. 2. 16.	15. 4. 42.	4. 17. 3.
13	21. 53. 51.	14. 46. 36.	3. 54. 6.
14	21. 45. 3.	14. 28. 15.	3. 31. 5.
15	21. 35. 53.	14. 9. 40.	3. 8. 1.
16	21. 26. 21.	13. 50. 51.	2. 44. 52.
17	21. 16. 27.	13. 31. 49.	2. 21. 39.
18	21. 6. 12.	13. 12. 34.	1. 58. 23.
19	20. 55. 35.	12. 53. 6.	1. 35. 4.
20	20. 44. 37.	12. 33. 26.	1. 11. 42.
21	20. 33. 18.	12. 13. 35.	0. 48. 18.
22	20. 21. 39.	11. 53. 32.	0. 24. 53.
23	20. 9. 38.	11. 33. 18.	0. 1. 28.
24	19. 57. 17.	11. 12. 53.	0. 21. 58. S.
25	19. 44. 36.	10. 52. 17.	0. 45. 24.
26	19. 31. 36.	10. 31. 30.	1. 8. 50.
27	19. 18. 16.	10. 10. 33.	0. 32. 16.
28	19. 4. 37.	9. 49. 26.	1. 55. 41.
29	18. 50. 39.	9. 28. 10.	2. 19. 5.
30	18. 36. 22.	9. 6. 45.	2. 42. 28.
31	18. 21. 46.	8. 45. 11.	

Suite de la table de la déclinaison du Soleil, à son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 jours de l'année 1801.

DATE.	OCTOBRE.	NOVEMBRE.	DÉCEMBRE.
1	3° 5′ 49″S.	14° 23′ 5″S.	21° 48′ 14″S.
2	3. 29. 9.	14. 42. 17.	21. 57. 25.
3	3. 52. 26.	15. 1. 15.	22. 6. 12.
4	4. 15. 40.	15. 19. 58.	22. 14. 33.
5	4. 38. 51.	15. 38. 23.	22. 22. 29.
6	5. 1. 59.	15. 56. 37.	22. 29. 58.
7	5. 25. 4.	16. 14. 33.	22. 37. 0.
8	5. 48. 5.	16. 32. 13.	22. 43. 36.
9	6. 11. 1.	16. 49. 37.	22. 49. 46.
10	6. 33. 53.	17. 6. 43.	22. 55. 28.
11	6. 56. 39.	17. 23. 32.	23. 0. 44.
12	7. 19. 19.	17. 40. 2.	23. 5. 32.
13	7. 41. 53.	17. 56. 14.	23. 9. 52.
14	8. 4. 20.	18. 12. 7.	23. 13. 44.
15	8. 26. 41.	18. 22. 41.	23. 17. 9.
16	8. 48. 55.	18. 42. 56.	23. 20. 5.
17	9. 11. 1.	18. 57. 51.	23. 22. 33.
18	9. 33. 0.	19. 12. 25.	23. 24. 34.
19	9. 54. 50.	19. 26. 38.	23. 26. 6.
20	10. 16. 32.	19. 40. 31.	23. 27. 10.
21	10. 38. 4.	19. 54. 3.	23. 27. 46.
22	10. 59. 27.	20. 7. 12.	23. 27. 54.
23	11. 20. 41.	20. 19. 59.	23. 27. 33.
24	11. 41. 44.	20. 32. 23.	23. 26. 43.
25	12. 2. 35.	20. 44. 23.	23. 25. 25.
26	12. 23. 16.	20. 56. 3.	23. 23. 38.
27	12. 43. 45.	21. 7. 17.	23. 21. 24.
28	13. 4. 3.	21. 18. 7.	23. 18. 41.
29	13. 24. 9.	21. 28. 33.	23. 15. 31.
30	13. 44. 1.	21. 38. 33.	23. 11. 53.
31	14. 3. 39.		23. 7. 47.

381. DÉCLINAISON DU SOLEIL,

A son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 *jours de l'année* 1802.

DATE.	JANVIER.	FÉVRIER.	MARS.
1	23° 3′ 13″S.	17° 12′ 49″S.	7° 44′ 14″S.
2	22. 58. 10.	16. 55. 42.	7. 21. 28.
3	22. 52. 41.	16. 38. 16.	6. 58. 35.
4	22. 46. 45.	16. 20. 34.	6. 35. 35.
5	22. 40. 22.	16. 2. 35.	6. 12. 30.
6	22. 33. 31.	15. 44. 19.	5. 49. 20.
7	22. 26. 14.	15. 25. 47.	5. 26. 5.
8	22. 18. 30.	15. 7. 0.	5. 2. 45.
9	22. 10. 20.	14. 47. 56.	4. 39. 21.
10	22. 1. 44.	14. 28. 39.	4. 15. 53.
11	21. 52. 42.	14. 9. 6.	3. 52. 22.
12	21. 43. 15.	13. 49. 20.	3. 28. 51.
13	21. 33. 23.	13. 29. 20.	3. 5. 17.
14	21. 23. 5.	13. 9. 7.	2. 41. 40.
15	21. 12. 23.	12. 48. 41.	2. 18. 1.
16	21. 1. 15.	12. 28. 3.	1. 54. 20.
17	20. 49. 44.	12. 7. 14.	1. 30. 38.
18	20. 37. 49.	11. 46. 13.	1. 6. 56.
19	20. 25. 31.	11. 25. 1.	0. 43. 14.
20	20. 12. 50.	11. 3. 37.	0. 19. 32.
21	19. 59. 46.	10. 42. 3.	0. 4. 10. N.
22	19. 46. 19.	10. 20. 20.	0. 27. 51.
23	19. 32. 30.	9. 58. 27.	0. 51. 30.
24	19. 18. 20.	9. 36. 25.	1. 15. 7.
25	19. 3. 49.	9. 14. 14.	1. 38. 43.
26	18. 48. 57.	9. 51. 55.	2. 2. 17.
27	18. 33. 44.	8. 29. 29.	2. 45. 48.
28	18. 18. 11.	8. 6. 5.	2. 49. 16.
29	18. 2. 18.		3. 12. 40.
30	17. 46. 6.		3. 36. 0.
31	17. 29. 36.		3. 59. 16.

Suite de la table de la déclinaison du Soleil, à son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 *jours de l'année* 1802.

DATE.	AVRIL.	MAI.	JUIN.
1	4° 22′ 28″N.	14° 56′ 21″N.	22° 0′ 5″N.
2	4. 45. 35.	15. 14. 29.	22. 8. 15.
3	5. 8. 36.	15. 32. 22.	22. 16. 2.
4	5. 31. 32.	15. 50. 0.	22. 23. 26.
5	5. 54. 23.	16. 7. 22.	22. 30. 26.
6	6. 17. 8.	16. 24. 28.	22. 37. 3.
7	6. 39. 47.	16. 41. 18.	22. 43. 16.
8	7. 2. 19.	16. 57. 52.	22. 49. 6.
9	7. 24. 44.	17. 14. 9.	22. 54. 31.
10	7. 47. 2.	17. 30. 9.	22. 59. 32.
11	8. 9. 12.	17. 45. 51.	23. 4. 9.
12	8. 31. 13.	18. 1. 15.	23. 8. 22.
13	8. 53. 6.	18. 16. 21.	23. 12. 10.
14	9. 14. 50.	18. 31. 9.	23. 15. 34.
15	9. 36. 24.	18. 45. 38.	23. 18. 33.
16	9. 57. 50.	18. 59. 48.	23. 21. 7.
17	10. 19. 5.	19. 13. 38.	23. 23. 17.
18	10. 40. 10.	19. 27. 9.	23. 25. 2.
19	11. 1. 5.	19. 40. 21.	23. 26. 22.
20	11. 21. 49.	19. 53. 13.	23. 27. 17.
21	11. 42. 21.	20. 5. 45.	23. 27. 47.
22	12. 2. 42.	20. 17. 55.	23. 27. 53.
23	12. 22. 51.	20. 29. 45.	23. 27. 34.
24	12. 42. 48.	20. 41. 14.	23. 26. 50.
25	13. 2. 32.	20. 52. 22.	23. 25. 42.
26	13. 22. 3.	21. 3. 9.	23. 24. 9.
27	13. 41. 21.	21. 13. 34.	23. 22. 11.
28	14. 0. 26.	21. 23. 37.	23. 19. 47.
29	14. 19. 18.	21. 33. 17.	23. 16. 59.
30	14. 37. 56.	21. 42. 35.	23. 13. 48.
31		21. 51. 31.	

Suite de la table de la déclinaison du Soleil, à son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 jours de l'année 1802.

DATE.	JUILLET.	AOUT.	SEPTEMBRE.
1	23° 10′ 12″N.	18° 10′ 31″N.	8° 28′ 44″N.
2	23. 6. 12.	17. 55. 25.	8. 6. 56.
3	23. 1. 48.	17. 40. 1.	7. 45. 0.
4	22. 56. 59.	17. 24. 20.	7. 22. 57.
5	22. 51. 45.	17. 8. 22.	7. 0. 46.
6	22. 46. 8.	16. 52. 7.	6. 38. 28.
7	22. 40. 8.	16. 35. 35.	6. 16. 4.
8	22. 33. 44.	16. 18. 47.	5. 53. 34.
9	22. 26. 57.	16. 1. 44.	5. 30. 56.
10	22. 19. 46.	15. 44. 25.	5. 8. 14.
11	22. 12. 11.	15. 26. 50.	4. 45. 27.
12	22. 4. 14.	15. 9. 1.	4. 22. 35.
13	21. 55. 54.	14. 50. 70.	3. 59. 38.
14	21. 47. 12.	14. 32. 39.	3. 36. 36.
15	21. 38. 8.	14. 14. 1.	3. 13. 30.
16	21. 28. 41.	13. 55. 21.	2. 50. 21.
17	21. 18. 52.	13. 36. 22.	2. 27. 9.
18	21. 8. 42.	13. 17. 10.	2. 3. 54.
19	20. 58. 9.	12. 57. 46.	1. 40. 37.
20	20. 47. 16.	12. 38. 11.	1. 17. 18.
21	20. 36. 3.	12. 18. 24.	0. 53. 57.
22	20. 24. 28.	11. 58. 24.	0. 30. 33.
23	20. 12. 32.	11. 38. 11.	0. 7. 8.
24	20. 0. 16.	11. 17. 50.	0. 16. 17. S.
25	19. 47. 41.	10. 57. 16.	0. 39. 42.
26	19. 34. 45.	10. 36. 32.	1. 3. 8.
27	19. 21. 29.	10. 15. 37.	1. 26. 34.
28	19. 7. 55.	9. 54. 33.	1. 50. 0.
29	18. 54. 2.	9. 33. 19.	2. 13. 25.
30	18. 39. 50.	9. 11. 57.	2. 36. 49.
31	18. 25. 19.	8. 50. 25.	

Suite de la table de la déclinaison du Soleil, à son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 *jours de l'année* 1802.

DATE.	OCTOBRE.	NOVEMBRE.	DÉCEMBRE.
1	3° 0′ 11″ S.	14° 18′ 23″ S.	21° 45′ 56″ S.
2	3. 23. 30.	14. 37. 38.	21. 55. 15.
3	3. 46. 47.	14. 56. 39.	22. 4. 7.
4	4. 10. 3.	15. 15. 26.	22. 12. 34.
5	4. 33. 16.	15. 33. 57.	22. 26. 36.
6	4. 56. 25.	15. 52. 14.	22. 28. 12.
7	5. 19. 30.	16. 10. 14.	22. 35. 21.
8	5. 42. 31.	16. 27. 59.	22. 42. 3.
9	6. 5. 28.	16. 45. 26.	22. 48. 19.
10	6. 28. 21.	17. 2. 36.	22. 54. 8.
11	6. 51. 9.	17. 19. 29.	22. 59. 29.
12	7. 13. 50.	17. 36. 5.	23. 4. 23.
13	7. 36. 26.	17. 52. 21.	23. 8. 50.
14	7. 58. 56.	18. 8. 19.	23. 12. 49.
15	8. 21. 19.	18. 23. 57.	23. 16. 20.
16	8. 43. 35.	18. 39. 16.	23. 19. 24.
17	9. 5. 43.	18. 54. 16.	23. 21. 59.
18	9. 27. 43.	19. 8. 54.	23. 24. 7.
19	9. 49. 33.	19. 23. 13.	23. 25. 46.
20	10. 11. 15.	19. 37. 10.	23. 26. 57.
21	10. 32. 50.	19. 50. 47.	23. 27. 39.
22	10. 54. 15.	20. 4. 2.	23. 27. 52.
23	11. 15. 30.	20. 16. 53.	23. 27. 38.
24	11. 36. 35.	20. 29. 23.	23. 26. 56.
25	11. 57. 29.	20. 41. 29.	23. 25. 45.
26	12. 18. 12.	20. 53. 13.	23. 24. 6.
27	12. 38. 44.	21. 4. 33.	23. 21. 59.
28	12. 59. 4.	21. 15. 32.	23. 19. 24.
29	13. 19. 12.	21. 26. 4.	23. 16. 21.
30	13. 39. 9.	21. 36. 13.	23. 12. 50.
31	13. 58. 53.		23. 8. 50.

382. DÉCLINAISON DU SOLEIL

A son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 *jours de l'année* 1803.

DATE.	JANVIER.	FÉVRIER.	MARS.
1	23° 4′ 22″ S.	17° 16′ 55″ S.	7° 49′ 45″ S.
2	22. 59. 27.	16. 59. 52.	7. 26. 59.
3	22. 54. 5.	16. 42. 31.	7. 4. 7.
4	22. 48. 10.	16. 24. 53.	6. 41. 8.
5	22. 41. 53.	16. 6. 58.	6. 18. 4.
6	22. 35. 10.	15. 48. 46.	5. 54. 55.
7	22. 28. 0.	15. 30. 17.	5. 31. 41.
8	22. 20. 23.	15. 11. 33.	5. 8. 23.
9	22. 12. 19.	14. 52. 34.	4. 45. 0.
10	22. 3. 51.	14. 33. 20.	4. 21. 34.
11	21. 54. 55.	14. 13. 51.	3. 58. 5.
12	21. 45. 33.	13. 54. 9.	3. 34. 32.
13	21. 35. 46.	13. 34. 12.	3. 10. 57.
14	21. 25. 34.	13. 14. 3.	2. 47. 19.
15	21. 14. 58.	12. 53. 40.	2. 23. 39.
16	21. 3. 57.	12. 33. 5.	1. 59. 59.
17	20. 52. 33.	12. 12. 17.	1. 36. 18.
18	20. 40. 44.	11. 51. 19.	1. 12. 37.
19	20. 28. 32.	11. 30. 9.	0. 48. 56.
20	20. 15. 57.	11. 8. 47.	0. 25. 15.
21	20. 2. 58.	10. 47. 17.	0. 1. 33.
22	19. 49. 37.	10. 25. 36.	0. 22. 7. N.
23	19. 35. 56.	10. 3. 46.	0. 45. 46.
24	19. 21. 51.	9. 41. 47.	1. 9. 25.
25	19. 7. 25.	9. 19. 38.	1. 32. 59.
26	18. 52. 38.	8. 57. 21.	1. 56. 33.
27	18. 37. 30.	8. 34. 56.	2. 20. 4.
28	18. 22. 2.	8. 12. 24.	2. 43. 32.
29	18. 6. 14.		3. 6. 57.
30	17. 50. 6.		3. 30. 19.
31	17. 33. 39.		3. 53. 37.

Suite de la table de la déclinaison du Soleil, à son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 *jours de l'année* 1803.

DATE.	AVRIL.	MAI.	JUIN.
1	4° 16′ 51″N.	14° 51′ 55″N.	21° 58′ 3″N.
2	4. 40. 0.	15. 10. 8.	22. 6. 19.
3	5. 3. 3.	15. 28. 5.	22. 14. 12.
4	5. 26. 1.	15. 45. 47.	22. 21. 42.
5	5. 48. 53.	16. 3. 13.	22. 28. 48.
6	6. 11. 40.	16. 20. 24.	22. 35. 31.
7	6. 34. 21.	16. 37. 17.	22. 41. 50.
8	6. 56. 55.	16. 53. 55.	22. 47. 45.
9	7. 19. 21.	17. 10. 16.	22. 53. 16.
10	7. 41. 40.	17. 26. 20.	22. 58. 23.
11	8. 3. 51.	17. 42. 5.	23. 3. 5.
12	8. 25. 54.	17. 57. 33.	23. 7. 23.
13	8. 47. 49.	18. 12. 43.	23. 11. 17.
14	9. 9. 35.	18. 27. 36.	23. 14. 47.
15	9. 31. 12.	18. 42. 9.	23. 17. 52.
16	9. 52. 39.	18. 56. 24.	23. 20. 32.
17	10. 13. 57.	19. 10. 19.	23. 22. 47.
18	10. 35. 5.	19. 23. 55.	23. 24. 37.
19	10. 56. 2.	19. 37. 11.	23. 26. 2.
20	11. 16. 48.	19. 50. 8.	23. 27. 3.
21	11. 37. 23.	20. 2. 45.	23. 26. 41.
22	11. 57. 46.	20. 15. 0.	23. 27. 53.
23	12. 17. 58.	20. 26. 54.	23. 27. 40.
24	12. 37. 58.	20. 38. 28.	23. 27. 2.
25	12. 57. 46.	20. 49. 41.	23. 26. 0.
26	13. 17. 23.	21. 0. 33.	23. 24. 33.
27	13. 36. 45.	21. 11. 3.	23. 22. 41.
28	13. 55. 54.	21. 21. 11.	23. 20. 25.
29	14. 14. 49.	21. 30. 57.	23. 17. 44.
30	14. 33. 29.	21. 40. 21.	23. 14. 38.
31		21. 49. 22.	

Suite de la table de la déclinaison du Soleil, à son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 jours de l'année 1803.

DATE.	JUILLET.	AOUT.	SEPTEMBRE.
1	23° 11′ 6″N.	18° 14′ 7″N.	8° 34′ 0″N.
2	23. 7. 12.	17. 59. 5.	8. 12. 13.
3	23. 2. 54.	17. 43. 46.	7. 50. 18.
4	22. 58. 11.	17. 28. 9.	7. 28. 15.
5	22. 53. 4.	17. 12. 15.	7. 6. 5.
6	22. 47. 33.	16. 56. 4.	6. 43. 49.
7	22. 41. 38.	16. 39. 56.	6. 21. 27.
8	22. 35. 20.	16. 22. 52.	5. 58. 58.
9	22. 28. 38.	16. 5. 53.	5. 36. 23.
10	22. 21. 33.	15. 48. 38.	5. 13. 43.
11	22. 14. 3.	15 31. 6.	4. 50. 58.
12	22. 6. 12.	15. 13. 21.	4. 28. 7.
13	21. 57. 58.	14. 55. 22.	4. 5. 11.
14	21. 49. 21.	14. 37. 7.	3. 42. 11.
15	21. 40. 22.	14. 18. 38.	3. 19. 7.
16	21. 31. 1.	13. 59. 56.	2. 55. 59.
17	21. 21. 18.	13. 41. 1.	2. 32. 48.
18	21. 11. 13.	13. 21. 52.	2. 9. 34.
19	21. 0. 46.	13. 2. 30.	1. 46. 17.
20	20. 49. 58.	12. 42. 56.	1. 22. 58.
21	20. 38. 48.	12. 23. 12.	0. 59. 36.
22	20. 27. 18.	12. 3. 15.	0. 36. 14.
23	20. 15. 28.	11. 43. 6.	0. 12. 51.
24	20. 3. 18.	11. 22. 45.	0. 10. 33. S.
25	19. 50. 48.	11. 2. 14.	0. 33. 58.
26	19. 37. 57.	10. 41. 33.	0. 57. 24.
27	19. 24. 47.	10. 20. 42.	1. 20. 51.
28	19. 11. 17.	9. 59. 41.	1. 44. 17.
29	18. 57. 27.	9. 38. 30.	2. 7. 43.
30	18. 43. 18.	9. 17. 9.	2. 31. 8.
31	18. 28. 51.	8. 55. 39.	

Suite de la table de la déclinaison du Soleil, à son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 jours de l'année 1803.

DATE.	OCTOBRE.	NOVEMBRE.	DÉCEMBRE.
1	2° 54′ 32″ S.	14° 15′ 41″ S.	21° 43′ 36″ S.
2	3. 17. 54.	14. 33. 0.	21. 53. 1.
3	3. 41. 13.	14. 52. 6.	22. 1. 59.
4	4. 4. 29.	15. 10. 56.	22. 10. 32.
5	4. 27. 42.	15. 29. 31.	22. 18. 40.
6	4. 50. 52.	15. 47. 51.	22. 26. 22.
7	5. 13. 58.	16. 5. 55.	22. 33. 38.
8	5. 37. 0.	16. 23. 43.	22. 40. 24.
9	5. 59. 58.	16. 41. 15.	22. 46. 49.
10	6. 22. 51.	16. 58. 29.	22. 52. 44.
11	6. 45. 38.	17. 15. 26.	22. 58. 13.
12	7. 8. 21.	17. 32. 5.	23. 3. 14.
13	7. 30. 58.	17. 48. 25.	23. 7. 48.
14	7. 53. 29.	18. 4. 28.	23. 11. 54.
15	8. 15. 52.	18. 20. 11.	23. 15. 32.
16	8. 38. 9.	18. 35. 35.	23. 18. 42.
17	9. 0. 19.	18. 50. 40.	23. 21. 24.
18	9. 22. 21.	19. 5. 24.	23. 23. 38.
19	9. 44. 15.	19. 19. 47.	23. 25. 24.
20	10. 6. 1.	19. 33. 51.	23. 26. 42.
21	10. 27. 38.	19. 47. 31.	23. 27. 31.
22	10. 49. 5.	20. 0. 0.	23. 27. 52.
23	11. 10. 22.	20. 13. 48.	23. 27. 45.
24	11. 31. 30.	20. 26. 24.	23. 27. 9.
25	11. 52. 27.	20. 38. 37.	23. 26. 5.
26	12. 13. 13.	20. 50. 27.	23. 24. 33.
27	12. 33. 48.	21. 1. 53.	23. 22. 33.
28	12. 54. 12.	21. 12. 55.	23. 20. 5.
29	13. 14. 24.	21. 23. 33.	23. 17. 8.
30	13. 34. 23.	21. 33. 47.	23. 13. 43.
31	13. 54. 9.		23. 9. 50.

383. DÉCLINAISON DU SOLEIL

A son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 *jours de l'année* 1804.

DATE.	JANVIER.	FÉVRIER.	MARS.
1	23° 25′ 29″S.	17° 21′ 0″S.	7° 32′ 31″S.
2	23. 0. 41.	17. 4. 2.	7. 9. 40.
3	22. 55. 26.	16. 46. 45.	6. 46. 43.
4	22. 49. 43.	16. 29. 12.	6. 23. 40.
5	22. 43. 32.	16. 11. 20.	6. 0. 32.
6	22. 36. 54.	15. 53. 13.	5. 37. 19.
7	22. 29. 50.	15. 34. 48.	5. 14. 2.
8	22. 22. 19.	15. 16. 8.	4. 50. 41.
9	22. 14. 21.	14. 57. 12.	4. 27. 16.
10	22. 5. 27.	14. 38. 1.	4. 3. 47.
11	21. 57. 7.	14. 18. 36.	3. 40. 15.
12	21. 47. 52.	13. 58. 57.	3. 16. 41.
13	21. 38. 12.	13. 39. 4.	2. 53. 5.
14	21. 28. 6.	13. 18. 58.	2. 29. 27.
15	21. 17. 36.	12. 58. 39.	2. 5. 47.
16	21. 6. 41.	12. 38. 7.	1. 42. 6.
17	20. 55. 21.	12. 17. 23.	1. 18. 24.
18	20. 43. 38.	11. 56. 27.	0. 54. 42.
19	20. 31. 31.	11. 35. 19.	0. 31. 0.
20	20. 19. 1.	11. 14. 0.	0. 7. 19.
21	20. 6. 8.	10. 52. 31.	0. 16. 22. N.
22	19. 52. 53.	10. 30. 53.	0. 40. 2.
23	19. 39. 15.	10. 9. 5.	1. 3. 42.
24	19. 25. 16.	9. 47. 8.	1. 27. 18.
25	19. 10. 55.	9. 25. 2.	1. 50. 53.
26	18. 56. 13.	9. 2. 47.	2. 14. 25.
27	18. 41. 10.	8. 40. 24.	2. 37. 55.
28	18. 25. 47.	8. 17. 53.	3. 1. 20.
29	18. 10. 4.	7. 55. 15.	3. 24. 42.
30	17. 54. 2.		3. 48. 1.
31	17. 37. 41.		4. 11. 14.

Suite de la table de la déclinaison du Soleil, à son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 jours de l'année 1804.

DATE.	AVRIL.	MAI.	JUIN.
1	4° 34′ 24″N.	15° 5′ 44″N.	22° 4′ 20″N.
2	4. 57. 28.	15. 23. 44.	22. 12. 20.
3	5. 20. 28.	15. 41. 29.	22. 19. 55.
4	5. 43. 22.	15. 58. 59.	22. 27. 6.
5	6. 6. 10.	16. 16. 13.	22. 33. 54.
6	6. 28. 52.	16. 33. 11.	22. 40. 18.
7	6. 51. 27.	16. 49. 52.	22. 46. 19.
8	7. 13. 55.	17. 6. 16.	22. 51. 56.
9	7. 36. 16.	17. 22. 24.	22. 57. 8.
10	7. 58. 29.	17. 38. 14.	23. 1. 57.
11	8. 20. 34.	17. 53. 48.	23. 6. 21.
12	8. 42. 30.	18. 9. 3.	23. 10. 21.
13	9. 4. 18.	18. 23. 59.	23. 13. 56.
14	9. 25. 57.	18. 38. 37.	23. 17. 7.
15	9. 47. 26.	18. 52. 56.	23. 19. 53.
16	10. 8. 46.	19. 6. 57.	23. 22. 15.
17	10. 29. 56.	19. 20. 38.	23. 24. 12.
18	10. 50. 56.	19. 34. 0.	23. 25. 44.
19	11. 11. 45.	19. 47. 1.	23. 26. 51.
20	11. 32. 24.	19. 59. 44.	23. 27. 34.
21	11. 52. 51.	20. 12. 4.	23. 27. 51.
22	12. 13. 6.	20. 24. 4.	23. 27. 44.
23	12. 33. 9.	20. 35. 43.	23. 27. 12.
24	12. 53. 0.	20. 47. 2.	23. 26. 16.
25	13. 12. 39.	20. 57. 59.	23. 24. 55.
26	13. 32. 4.	21. 8. 34.	23. 23. 9.
27	13. 51. 16.	21. 18. 47.	23. 20. 58.
28	14. 10. 15.	21. 28. 38.	23. 18. 23.
29	14. 29. 0.	21. 38. 7.	23. 15. 23.
30	14. 47. 30.	21. 47. 14.	23. 11. 59.
31		21. 55. 58.	

Suite de la table de la déclinaison du Soleil, à son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 jours de l'année 1804.

DATE.	JUILLET.	AOUT.	SEPTEMBRE.
1	23° 8′ 9″N.	18° 2′ 44″N.	8° 17′ 29″N.
2	23. 3. 56.	17. 47. 29.	7. 55. 37.
3	22. 59. 19.	17. 31. 56.	7. 33. 38.
4	22. 54. 18.	17. 16. 7.	7. 11. 31.
5	22. 48. 53.	17. 0. 0.	6. 49. 16.
6	22. 43. 4.	16. 43. 36.	6. 26. 55.
7	22. 36. 51.	16. 26. 57.	6. 4. 28.
8	22. 30. 15.	16. 10. 1.	5. 41. 54.
9	22. 23. 16.	15. 52. 49.	5. 19. 14.
10	22. 15. 54.	15. 35. 23.	4. 56. 29.
11	22. 8. 7.	15. 17. 41.	4. 33. 39.
12	21. 59. 59.	14. 59. 47.	4. 10. 45.
13	21. 51. 28.	14. 41. 34.	3. 47. 47.
14	21. 42. 34.	14. 23. 9.	3. 24. 44.
15	21. 33. 18.	14. 4. 31.	3. 1. 37.
16	21. 23. 40.	13. 45. 39.	2. 38. 26.
17	21. 13. 40.	13. 26. 33.	2. 15. 13.
18	21. 3. 18.	13. 7. 14.	1. 51. 56.
19	20. 52. 35.	12. 47. 43.	1. 28. 37.
20	20. 41. 31.	12. 28. 0.	1. 5. 16.
21	20. 30. 6.	12. 8. 4.	0. 41. 53.
22	20. 18. 20.	11. 47. 58.	0. 18. 29.
23	20. 6. 14.	11. 27. 39.	0. 4. 57. S.
24	19. 53. 47.	11. 7. 10.	0. 28. 22.
25	19. 41. 1.	10. 46. 31.	0. 51. 48.
26	19. 27. 55.	10. 25. 41.	1. 15. 15.
27	19. 14. 30.	10. 24. 42.	1. 38. 40.
28	19. 0. 45.	9. 43. 33.	2. 2. 5.
29	18. 46. 42.	9. 22. 15.	2. 25. 29.
30	18. 32. 20.	9. 0. 49.	2. 48. 52.
31	18. 17. 41.	8. 39. 14.	

Suite de la table de la déclinaison du Soleil, à son arrivée au méridien de Paris, pendant chacun des 365 *jours de l'année* 1804.

DATE.	OCTOBRE.	NOVEMBRE.	DÉCEMBRE.
1	3° 12′ 13″S.	14° 28′ 20″S.	21° 50′ 45″S.
2	3. 35. 32.	14. 47. 30.	21. 59. 50.
3	3. 58. 48.	15. 6. 22.	22. 8. 30.
4	4. 22. 1.	15. 25. 1.	22. 16. 44.
5	4. 45. 12.	15. 43. 24.	22. 24. 32.
6	5. 8. 19.	16. 1. 32.	22. 31. 54.
7	5. 31. 23.	16. 19. 23.	22. 38. 50.
8	5. 54. 22.	16. 36. 59.	22. 45. 19.
9	6. 17. 17.	16. 54. 17.	22. 51. 21.
10	6. 40. 8.	17. 11. 19.	22. 56. 56.
11	7. 2. 51.	17. 28. 2.	23. 2. 3.
12	7. 25. 29.	17. 44. 27.	23. 6. 43.
13	7. 48. 2.	18. 0. 34.	23. 10. 56.
14	8. 10. 28.	18. 16. 22.	23. 14. 41.
15	8. 32. 47.	18. 31. 51.	23. 17. 58.
16	8. 54. 59.	18. 47. 0.	23. 20. 47.
17	9. 17. 4.	19. 1. 50.	23. 23. 8.
18	9. 39. 1.	19. 16. 19.	23. 25. 1.
19	10. 0. 48.	19. 30. 28.	23. 26. 26.
20	10. 22. 26.	19. 44. 14.	23. 27. 22.
21	10. 43. 54.	19. 57. 38.	23. 27. 49.
22	11. 5. 15.	20. 10. 41.	23. 27. 49.
23	11. 26. 25.	20. 23. 23.	23. 27. 20.
24	11. 47. 25.	20. 35. 42.	23. 26. 23.
25	12. 8. 14.	20. 47. 37.	23. 24. 58.
26	12. 28. 52.	20. 59. 8.	23. 23. 5.
27	12. 49. 18.	21. 10. 16.	23. 20. 43.
28	13. 9. 32.	21. 21. 0.	23. 17. 53.
29	13. 29. 33.	21. 31. 20.	23. 14. 35.
30	13. 49. 22.	21. 41. 15.	23. 10. 49.
31	14. 8. 58.		23. 6. 35.

ARTICLE VI.

384. Nous venons d'indiquer au lecteur, au moyen des quatre tables qui précèdent, quelle a été, pendant les années 1801, 1802, 1803 et 1804, la déclinaison journalière du Soleil lors de son passage au méridien de Paris. Nous allons lui expliquer maintenant comment on peut déduire, de l'une de ces mêmes tables, la déclinaison passée ou future de l'astre du jour pour un temps quelconque, et pour tout autre méridien que celui de l'Observatoire auquel elles se rapportent.

Nous supposerons d'abord que le moment relatif à la déclinaison que l'on veut avoir, se trouve exprimé en temps moyen. Dans ce cas, il faut commencer par transformer ce temps moyen en temps vrai ; on détermine ensuite quel est, à Paris, le temps vrai qui correspond à l'heure trouvée pour l'autre lieu. Ce calcul suppose que l'on est en état de s'assurer, du moins approximativement, de la différence qui existe entre les longitudes des deux points de station comparés. Connaissant cette différence, voici le raisonnement qu'on doit faire :

Le Soleil, dans sa course apparente autour de la Terre, met 24 heures à exécuter sa révolution quotidienne, qui renferme les 360 degrés d'un cercle parallèle à l'équateur ; il parcourt donc $^{360°}/_{24}$ ou 15° dans une heure, $^{15°}/_{60}$ ou 15' dans 4 minutes de temps. Il suit de là qu'en multipliant 4 minutes par le nombre des degrés qui se trouve dans la différence connue, on connaît la différence de temps qui existe entre les deux points de station. Quand la deuxième station est à l'occident de Paris, cette différence de temps se soustrait du temps vrai donné. Si cette même station était du côté de l'orient, ce ne serait plus une soustraction, mais une addition qu'il faudrait faire. Cette manière de trouver le temps vrai de Paris, pour le temps donné d'un autre lieu, repose uniquement sur ce fait,

que le Soleil fait son entrée dans un lieu plus occidental plus tard qu'il l'a fait dans celui d'un lieu plus oriental.

Ce premier calcul fait, on examine si l'année donnée est une année bissextile, en regardant si son millésime se divise exactement par 4. Si cette division réussit, l'année est une bissextile; si elle ne réussit pas, c'est une année commune. Dans ce dernier cas, on prend note du nombre d'années qui se sont passées depuis la dernière année bissextile, en regardant pour cela quel est le reste de la division.

Lorsque c'est une année bissextile, on cherche le jour du mois dans la table de la déclinaison du Soleil pour l'année 1804. Si c'est, au contraire, une première, deuxième ou troisième année après une bissextile, c'est respectivement dans les tables pour 1801, 1802 et 1803, que la déclinaison du jour doit être cherchée.

Lorsqu'il s'agit d'une heure du matin, on prend note de la déclinaison du jour qui précède; ce serait celle du jour suivant dont il faudrait prendre note, s'il s'agissait d'une heure de l'après-midi.

Cette note prise, on prend la différence qui existe entre la déclinaison du jour et la déclinaison précédente, ou suivante, dont on a pris note, afin de connaître par là le changement de déclinaison que le Soleil a éprouvé en 24 heures. On calcule ensuite par la *règle de trois*, le changement proportionnel relatif au temps qui sépare du midi prochain le moment vrai que l'on a changé au temps de Paris; puis, on soustrait cette partie proportionnelle de la déclinaison du jour, si la différence croît et qu'on la cherche pour une heure de la matinée. Si, au contraire, c'était pour une heure de l'après-midi qu'on l'eût calculée, ce serait une addition, et non plus une soustraction, qu'il faudrait faire ici. Le contraire a lieu quand la déclinaison décroît.

La déclinaison, trouvée de cette manière, doit néanmoins subir une correction. Pour l'effectuer, on multiplie ensemble

la 32e partie du changement trouvé, par le nombre des périodes bissextiles qui se sont écoulées depuis l'année appartenant à la table, jusqu'à l'année donnée, et l'on fait la différence ou la somme du produit obtenu et de la déclinaison trouvée, selon que cette déclinaison correspondante est elle-même croissante ou décroissante. Après cela, on divise le résultat de la dernière opération par la déclinaison la plus grande qui se trouve dans la table, c'est-à-dire par 23° 27' 54" ; on multiplie le quotient trouvé par autant de fois $^1/_2$ seconde qu'il y a d'années d'écoulées depuis l'époque de la table, et l'on soustrait le produit obtenu de la déclinaison trouvée la dernière. Ainsi corrigée, la déclinaison trouvée du Soleil aura toujours une exactitude suffisante pendant tout le cours du XIXe siècle.

Après avoir trouvé de cette manière la déclinaison du Soleil pour un temps donné, il faut regarder sur la table si cette déclinaison est septentrionale ou méridionale, ce que l'on reconnaît aux lettres N et S, abréviations des mots Nord et Sud.

385. ARTICLE VII. — Tableau général

De la différence des Méridiens, en heures et degrés, entre l'Observatoire Royal de Paris et les principaux lieux de la Terre, avec leurs latitudes ou hauteurs du Pôle.

NOMS DES LIEUX.	Différence DES MÉRIDIENS en temps.			en degrés		Latitudes ou hauteurs du POLE.		
	h.	m.	s.	d.	m.	d.	m.	s.
Abbeville	0*	2	1 *oc.*	0	30	50*	7	1 S
Abo, *Finlande*	1÷	19	34 *or.*	19	52	60÷	27	10
Agde	0*	4	33 *or.*	1	8	43*	18	57
Agen	0*	6	57 *oc*	1	44	44*	12	7
Agra, *du Mogol*	4÷	57	36 *or.*	74	24	26÷	43	0
Aix, *en Provence*	0*	12	25 *or.*	3	7	43*	31	35
Alby	0*	0	45 *oc.*	0	11	43*	55	44
Alençon	0	9	0 *oc.*	2	15	48	25	0
Alep, *de Syrie*	2	20	0 *or.*	35	0	35÷	45	25
Alexandrette	2*	16	0 *or*	34	0	36*	35	10
Alexandrie, *Egypte*	1*	51	46 *or.*	27	57	31*	11	20
Alger	0	0	29 *oc.*	0	7	36*	49	30
Amiens	0*	0	8 *oc.*	0	2	49*	53	58
Amsterdam	0	10	36 *or.*	2	39	52*	22	45
Ancone	0*	44	42 *or.*	11	11	43*	37	54
Angers	0*	11	35 *oc.*	2	54	47*	28	8
Angoulême	0*	8	45 *oc.*	2	11	45*	39	3
Antibe	0*	19	14 *or*	4	49	43*	34	50
Anvers	0*	8	17 *or.*	2	4	51*	13	15
Archangel	2*	26	20 *or.*	36	35	64	34	0
Arles	0*	9	12 *or.*	2	18	43*	40	35
Arras	0*	1	45 *or.*	0	26	50*	17	30
Avignon	0*	9	54 *or.*	2	29	43*	57	25
Avranches	0*	14	51 *oc.*	3	45	48*	41	18
Aurillac	0*	0	28 *or.*	0	7	44*	55	10
Auch	0*	7	20 *oc.*	1	45	43*	38	46
Autun	0*	7	52 *or.*	1	58	46*	56	46
Auxerre	0*	4	57 *or.*	1	14	47*	47	54
Barcelone	0	0	28 *oc.*	0	7	41÷	26	0
Basle	0	21	0 *or.*	5	15	47	55	0 S

NOMS DES LIEUX.	Différence DES MÉRIDIENS en temps.				Différence DES MÉRIDIENS en degrés		Latitudes ou hauteurs du POLE.			
	h.	m.	s.		d.	m.	d.	m.	s.	
Bayeux.	0*	12	11	*oc.*	3	3	49*	16	30	S
Bayonne.	0*	13	20	*oc.*	3	50	43*	29	21	
Beauvais.	0*	1	1	*oc.*	0	15	49*	26	2	
Berlin.	0*	44	25	*or.*	11	6	52*	32	30	
Besançon.	0*	14	50	*or*	3	45	47*	13	45	
Beziers, *Tour de l'Evêque.*	0*	3	30	*or.*	0	53	43*	20	41	
Blois.	0*	4	1	*oc.*	1	0	47*	35	19	
Bologne, *Sainte-Pétronne.*	0*	36	5	*or.*	9	1	44*	29	36	
Bordeaux.	0*	11	39	*oc.*	2	55	44*	50	18	
Boulogne, *Picardie.*	0*	2	53	*oc.*	0	43	50*	43	31	
Bourg-en-Bresse.	0*	11	36	*or.*	2	54	46*	12	30	
Bourges.	0*	0	14	*or.*	0	3	47*	4	58	
Breslaw. *Silésie.*	0*	59	15	*or.*	14	48	51*	3	0	
Brest.	0*	27	25	*oc.*	6	51	48*	25	0	
Bruxelles.	0*	8	7	*or.*	2	2	50*	51	0	
Buenos-Ayres.	4*	3	25	*oc.*	60	51	34*	35	26	M
Cadix.	0*	33	25	*oc.*	8	21	36+	31	7	S
Caen.	0*	10	47	*oc.*	2	42	49*	11	10	
Le Caire, *Egypte.*	1*	56	25	*or.*	29	6	30*	2	30	
Cahors.	0*	3	33	*oc.*	0	53	44*	26	4	
Calais.	0*	1	56	*oc.*	0	29	50*	57	31	
Cambray.	0*	3	35	*or.*	0	54	50*	10	30	
Candie.	1*	31	52	*or.*	22	58	35*	18	45	
Canton, *Chine*	7*	22	53	*or.*	110	43	23*	8	0	
Cap de Bonne-Espérance.	1*	4	40	*or.*	16	10	33*	55	15	M
Cap Vert.	1*	18	0	*oc.*	19	30	14*	43	0	S
Carcassone.	0*	0	3	*or.*	0	1	43*	12	51	
Carthagêne, *Amérique.*	5*	11	5	*oc.*	77	46	10*	26	35	
Castres.	0*	0	21	*oc.*	0	5	43*	37	10	
Caye-St.-Louis, *Amérique.*	5*	1	44	*oc.*	75	26	18*	19	0	
Cayenne, *Amérique.*	3*	38	20	*oc.*	54	35	4*	56	0	
Châlons-*sur-Marne*	0*	8	9	*or.*	2	2	48*	57	12	
Châlons-*sur-Saône*	0*	10	6	*or.*	2	31	46*	46	50	
Chandernagor	5*	44,	37	*or.*	86	9	22*	51	26	
Chartres	0*	3	24	*oc.*	0	51	48*	26	49	
Cherbourg	0*	15	53	*oc.*	3	58	49*	38	26	
Civita-Vecchia	0*	37	45	*or.*	9	26	42*	5	24	

NOMS DES LIEUX.	Différence DES MÉRIDIENS en temps.			Différence DES MÉRIDIENS en degrés		Latitudes ou hauteurs du POLE.		
	h.	m.	s.	d.	m.	d.	m.	s.
Clermont, *Auvergne*. . . .	0*	3	0 *or*	0	45	45*	46	45 S
Cologne.	0	19	0 *or.*	4	45	50	55	0
Conception (la), *Amérique*.	5*	0	0 *oc.*	75	0	36*	42	53 M
Condom.	0*	7	53 *oc.*	1	58	45*	57	55 S
Constantinople.	1*	46	14 *or.*	26	34	41*	0	0
Coppenhague.	0*	41	41 *or.*	10	25	55	40	45
Coutances.	0*	13	10 *oc.*	3	47	49*	2	50
Cracovie.	1	10	0 *or.*	17	30	50	10	0
Cremsmunster, *Bavière*. . .	0†	47	10 *or.*	11	47	48†	3	36
Dantzic.	1*	4	44 *or.*	16	11	54†	22	0
Dax.	0*	13	36 *oc.*	3	24	43*	42	23
Dieppe.	0*	5	3 *oc.*	1	16	49*	55	17
Dijon.	0*	10	50 *or.*	2	42	47*	19	22
Dol, *Bretagne*.	0*	16	25 *oc.*	4	6	48*	33	9
Dunkerque.	0*	0	10 *or.*	0	2	51*	2	4
Edimbourg.	0	21	41 *oc.*	5	25	55	58	0
Embrun.	0*	16	36 *or.*	4	9	44*	34	0
Erzerom, *Arménie*.	3†	5	3 *or.*	46	16	39†	56	55
Evreux.	0*	4	45 *oc.*	1	11	49*	1	24
Ferrare.	0†	37	5 *or.*	9	20	44*	54	0
Flèche (la).	0*	9	52 *oc.*	2	28	47*	42	0
Florence.	0*	34	48 *or.*	8	42	43*	46	30
Francfort-sur-le-Mein. . . .	0	25	26 *or.*	6	21	50	6	10
Fréjus.	0*	17	39 *or.*	4	25	43*	26	3
Gand.	0*	5	35 *or.*	1	24	51*	3	0
Gap.	0*	14	58 *or.*	3	44	44*	33	9
Gênes.	0*	25	3 *or.*	6	16	44*	25	0
Genève.	0†	17	0 *or.*	4	0	46†	12	0
Goa, *Indes*.	4*	45	40 *or.*	71	25	15*	31	0
Gothembourg, *Suède*. . . .	0†	37	15 *or.*	9	19	57†	42	0
Gottingen, *Observatoire*. .	0†	30	16 *or.*	7	34	51†	32	0
Granville.	0*	13	48 *oc.*	3	57	48*	50	11
Grasse.	0*	18	24 *or.*	4	36	43*	39	25
Gratz, *Styrie*.	0†	52	15 *or.*	13	4	47†	4	18
Greenwich.	0*	9	10 *oc.*	2	18	51*	28	30
Grenoble.	0*	13	32 *or.*	3	24	45*	11	49

NOMS DES LIEUX.	Différence DES MÉRIDIENS en temps.			Différence DES MÉRIDIENS en degrés		Latitudes ou hauteurs du POLE,		
	h.	m.	s.	d.	m.	d.	m.	s.
Griptwald, *Poméranie*...	0‡	45	8 *or.*	11	17	54‡	16	0
Jérusalem...........	2	12	0 *or.*	33	0	31	50	0
Ingolstaldt.	0*	36	10 *or.*	9	2	48*	46	0
Ile de l'Ascension.......	1*	5	16 *oc.*	16	19	7*	57	0 M
Ile de Bourbon, *St.-Denis.*	3*	32	40 *or.*	53	10	20*	51	43
Ile de Fer, *au Bourg*.....	1*	19	33 *oc.*	19	54	27*	47	20 S
Ile de France, *Port-Louis*..	3*	40	32 *or.*	55	8	20*	9	45 M
Ispahan, *Perse*........	3	22	0 *or.*	50	30	32*	25	0 S
Kebec, *Canada*........	4*	48	52 *oc.*	72	13	46*	55	0
Landau.............	0*	23	10 *or.*	5	48	49*	11	40
Langres............	0*	11	58 *or.*	2	59	47*	52	17
Laon..............	0*	5	10 *or.*	1	17	49*	33	52
Lausanne..........	0*	17	41 *or.*	4	25	46*	31	5
Lectoure.	0*	6	52 *oc.*	1	43	43*	56	2
Leipzick...........	0*	40	0 *or.*	10	0	51‡	19	14
Leyde, *à l'Observatoire*. .	0‡	8	25 *or.*	2	6	52	8	40
Liége.............	0	13	0 *or.*	3	15	50	36	0
Lille, *Flandre*.......	0*	2	57 *or.*	0	44	50*	37	50
Lima, *Pérou*........	5*	16	38 *oc.*	79	10	12*	1	45 M
Limoges...........	0*	4	19 *oc.*	1	5	45*	49	53 S
Lisbonne.	0*	43	50 *oc.*	11	18	38*	42	20
Lisieux. .,........	0	8	20 *oc.*	2	5	49	11	0
Louisbourg.	4*	9	0 *oc.*	62	15	45*	53	45
Londres	0*	9	41 *oc.*	2	25	51*	31	0
Luçon............	0*	14	2 *oc.*	3	31	46*	27	14
Lunde, *Scanie*.......	0‡	44	5 *or.*	11	1	55‡	41	36
Lyon.............	0*	9	59 *or.*	2	30	45*	45	51
Macao, *Chine*.......	7*	23	45 *or.*	111	26	22*	12	44
Madrid.	0*	24	18 *oc.*	6	5	40*	25	0
Mahon (*Fort St.-Philippe*).	0*	5	54 *or.*	1	28	39*	50	46
Malaca, *Indes*.......	6*	39	0 *or.*	99	45	2*	12	0
Malines...........	0*	8	38 *or.*	2	9	51*	1	50
Malte............	0	48	40 *or.*	12	10	35*	54	0
Manille, *Indes*.......	7	52	0 *or.*	118	0	14	30	0
Marseille.	0*	12	9 *or.*	3	2	43*	17	45
Martinique, *cul-de-sac Rob.*	4*	13	15 *oc.*	63	19	14*	43	9

NOMS DES LIEUX.	Différence des méridiens en temps.			Différence des méridiens en degrés		Latitudes ou hauteurs du POLE.		
	h.	m.	s.	d.	m.	d.	m.	s.
Mayence..	0	24	0 *or.*	6	0	49	54	0
Meaux..	0*	3	10 *or.*	0	33	48*	57	37
Mende..	0*	4	38 *or.*	1	10	44*	30	47
Menin..	0*	5	9 *or.*	0	47	50*	47	40
Metz.	0*	15	24 *or.*	3	51	49*	7	5
Mexique, *Amérique*.	7†	4	0 *oc.*	106	0	20†	0	0
Milan, *à Brera*.	0	28	0 *or.*	7	0	45	25	0
Modène.	0†	35	30 *or.*	8	53	44	34	0
Mons..	0*	6	29 *or.*	1	37	50*	27	10
Montpellier.	0*	6	11 *or.*	1	33	43*	36	33
Moscow.	2*	21	45 *or.*	35	26	55*	45	20
Moulins.	0*	4	0 *or.*	1	0	46*	34	4
Munich.	0	37	0 *or.*	9	15	48	2	0
Namur	0*	10	6 *or.*	2	32	50*	28	0
Nancy..	0*	15	26 *or.*	3	52	48*	41	28
Nantes..	0*	15	35 *or.*	3	54	47*	13	17
Naples, *Collège Royal*..	0*	47	35 *or.*	11	54	40†	50	45
Narbonne.	0*	2	41 *or.*	0	40	43*	11	13 S
Nevers.	0*	3	18 *or.*	0	49	46*	59	13
Nice..	0*	19	49 *or.*	4	57	43*	41	54
Nieuport..	0*	1	40 *or.*	0	25	51*	7	41
Nîmes..	0*	8	5 *or.*	2	1	43*	50	55
Nouvelle-Orléans..	6*	9	15 *oc.*	92	19	29*	57	45
Noyon..	0*	2	45 *or.*	0	41	49*	34	37
Nuremberg.	0*	34	56 *or.*	8	44	49†	26	55
Olinde, *Brésil*.	2	30	0 *oc.*	37	30	8	13	0 M
Orange.	0*	9	44 *or.*	2	26	44*	9	17 S
Orléans.	0*	1	43 *oc.*	0	26	47*	54	4
Ostende.	0*	2	20 *or.*	0	35	51*	13	55
Oxfort, *Theatrum*..	0†	14	20 *oc.*	3	35	51†	44	57
Padoue.	0*	38	22 *or.*	9	36	45*	22	26
Paris, *à l'Observatoire*.	0*	0	0 *	0	0	48*	50	10
Pau, *en Béarn*..	0*	9	56 *oc.*	2	29	43†	15	0
Pékin, *Chine*, *Obs. Imp.*	7*	36	35 *or.*	114	9	39*	54	13 S
Périgueux..	0*	6	28 *oc.*	1	37	45*	11	10
Perpignan.	0*	2	16 *or.*	0	34	42*	41	55

NOMS DES LIEUX.	Différence DES MÉRIDIENS en temps.			en degrés		Latitudes ou hauteurs du POLE.		
	h.	m.	s.	d.	m.	d.	m.	s.
Saint-Pétersbourg	1*	52	0 *or.*	28	0	59*	56	0
Pézenas	0	4	32 *or.*	1	8	43	26	40
Pic des Açores	2	2	0 *oc.*	30	30	38	35	0
Pic de Ténerif	1*	15	28 *oc.*	18	52	28*	12	54
Pise, *Toscane*	0÷	31	28 *or.*	00	00	43÷	43	7
Poitiers	0	8	0 *oc.*	2	0	46*	35	0
Pondichéry	5*	9	50 *or.*	77	28	11*	56	30
Portobélo, *Amérique*	5*	28	40 *oc.*	82	10	9*	33	5
Puy (le)	0*	6	13 *or.*	1	33	45*	25	2
Quimper	0*	25	50 *oc.*	6	27	47*	58	24
Quitto	5*	21	0 *oc.*	80	15	0*	13	17 M
Reims	0*	6	52 *or.*	1	43	49*	14	36 S
Rennes	0*	16	8 *or.*	4	2	48*	6	55
Rimini	0*	40	57 *or.*	10	14	44*	3	43 M
Rio-Janeiro	3*	0	20 *oc.*	45	5	22	54	10 S
Rochelle (la)	0*	14	25 *oc.*	3	36	46*	9	43
Rhodez	0*	0	57 *or.*	0	14	44*	21	0
Rodrigues, *Indes*	4*	3	26 *or.*	60	52	19*	40	30 M
Rome, *à Saint-Pierre*	0*	40	37 *or.*	10	9	41*	54	11
Rouen	0*	4	59 *oc.*	1	15	49*	26	25
Saintes	0*	11	56 *oc.*	2	59	45*	44	43
Saint-Brieux	0*	20	13 *oc.*	5	3	48	31	21
Saint-Flour	0*	3	2 *or.*	0	46	45	1	55
Saint-Malo	0*	17	29 *oc.*	4	22	48*	38	59
Sainte-Marthe, *Amérique*	5	5	38 *oc.*	76	25	11	26	40
Saint-Omer	0*	0	20 *oc.*	0	5	50*	44	46
Saint-Paul de Léon	0*	25	21 *oc.*	6	20	48*	40	55
Salonique	1*	23	12 *or.*	20	48	40*	41	10
Schwezingen, *Palatinat*	0÷	25	15 *or.*	6	19	49÷	23	4
Séez	0*	8	41 *oc.*	2	10	48*	36	21
Senlis	0*	1	0 *or.*	0	15	49*	12	25
Sens	0*	3	48 *or.*	0	57	48*	11	56
Siam, *Indes*	6*	34	0 *or.*	98	30	14*	18	0
Sisteron	0*	14	24 *or.*	3	36	44*	11	21
Smyrne	1*	39	59 *or.*	25	0	38*	28	7

NOMS DES LIEUX.	Différence DES MÉRIDIENS en temps.				en degrés		Latitudes ou hauteurs du POLE.		
	h.	m.	s.		d.	m.	d.	m.	s.
Soissons	0*	3	58	or.	0	59	49*	22	32
Stockolm.	1*	3	0	or.	15	45	59†	20	0
Strasbourg.	0*	21	45	or.	5	26	48*	34	35
Surate.	4	40	0	or.	70	0	21†	10	0
Tarbe.	0*	9	6	oc.	2	16	43*	14	2
Tobolsk, *Sibérie*.	4*	24	20	or.	66	5	58*	12	30
Tolède	0	22	40	oc.	5	40	39	50	0
Tornéa.	1*	27	30	or.	21	53	65*	50	50
Toul.	0*	14	15	or.	3	34	48*	40	27
Toulon.	0*	14	26	or.	3	37	43*	7	24
Toulouse.	0*	3	35	oc.	0	54	43*	35	54
Tours	0*	6	35	oc.	1	39	47*	23	41 S
Treguier.	0*	22	21	oc.	5	35	48*	46	45
Tripoli, *Barbarie*.	0*	43	1	or.	10	45	32*	53	40
Troyes.	0*	7	0	or.	1	45	48*	18	2
Turin, *Piezza Castello*	0*	21	20	or.	5	20	44*	51	30
Tyrnaw, *Hongrie*.	1†	0	55	or.	15	14	46*	23	30
Valparaiso, *Chili*	4*	58	37	oc.	74	39	33*	0	19 M
Upsal.	1*	1	30	or.	15	24	59*	51	50
Uranibourg, *Danemarck*	0*	42	10	or.	10	33	55*	54	15
Vannes.	0*	20	26	oc.	5	6	47*	39	14 S
Varsovie.	1	15	0	or.	18	45	52†	14	0
Vence.	0*	19	10	or.	4	47	43*	43	16
Venise	0*	38	58	or.	9	45	45†	25	0
Verdun	0*	12	11	or.	3	3	49*	9	18
Véronne.	0*	35	54	or.	8	59	45*	26	26
Versailles	0*	0	51	oc.	0	13	48*	48	18
Vienne, *Autr. Obs. Imp.*	0*	56	10	or.	14	2	48*	12	48
Viviers	0*	9	25	or.	2	21	44*	28	54
Vurtzbourg, *Franconie*	0†	31	35	or.	7	54	40*	46	6
Wilna, *Pologne*	1†	32	30	or.	23	7	54*	41	0
Wirtemberg, *Saxe*	0*	40	54	or.	10	14	51*	43	10
Ylo, *au Pérou*	4*	54	12	oc.	73	33	17*	36	15 M
Ypres	0*	2	12	or.	0	33	50*	51	5 S

Cette table est toute tirée du livre de la *Connaissance des Temps*. La première colonne contient les noms des lieux ou villes; la seconde contient la différence des longitudes en temps; la troisième contient cette même différence en degrés et en minutes; la quatrième marque les latitudes ou hauteurs du pôle. On a marqué par une étoile * les longitudes ou les latitudes qui ont été déterminées par les observations de l'Académie : celles qui sont marquées par une croix †, ont été trouvées par des observations particulières, et celles qui n'ont aucune marque, sont fondées sur l'estime. Ces mots abrégés *or.* et *oc.* signifient l'orient ou l'occident à l'égard de Paris. Les lettres S. M. qui sont dans plusieurs endroits de la dernière colonne, signifient que les latitudes sont septentrionales ou méridionales. Quand il n'y a point de lettres vis-à-vis d'une ville dans cette dernière colonne, il faut y supposer la lettre S.

ARTICLE VIII.

DEVISES POUR LES CADRANS SOLAIRES.

386. Il est bien des personnes qui sont curieuses de mettre une devise sur les cadrans solaires; c'est pour les satisfaire que nous en avons réuni un nombre considérable. Il s'en faut bien qu'elles soient toutes également belles; mais on y en trouvera plusieurs qui sont ingénieuses : chacun choisira celle qui lui conviendra le mieux.

Ne viator aberret, *pour un chemin.*
Pulchrior ab umbris.
A lumine motus.
Motum Solis adæquat.
Inter sidera versor.
Sine nube placet.
Tempori paret, *ou* Tempori servio.

Inæqualia æquat, *ou* Motu semper æquali, *lorsqu'il y a une méridienne du temps moyen.*

Cœlestia monstrat.

Comes luminis umbra.

Dies dimetior umbris.

Hoc monstrante diem radiis dimetior æquis,
Horaque festinum strenua raptat iter.

Dividit umbra diem.

Ferrea Virga et umbratilis ictus.

Lumine signat.

Non cedit umbra Soli.

Sol generat umbras.

Superni luminis ductu.

Elapsas nuntiat horas.

Omnibus et singulis.

Rapit hora diem.

Omnia componit.

Fallere nescium.

Nulli fallax.

Dum aspicitur, regit.

Cuique suum metitur.

Nec falsus, nec fallens.

Leges facit et servat.

Immotus motum Solis adæquo.

Arte mirâ mortalium temperat horas.

Cœlestium index.

Labitur occultè, fallitque volatilis ætas. *Ovid.*

Tempora labuntur, tacitisque senescimus annis.

Itque reditque viam constans quam suspicis umbra :
Umbra fugax homines non reditura sumus.

Dum levis umbra fugit, fugitivas denotat horas.

Nam fortuna licet Phæbo sit clarior ipso,
Nigra mihi semper dividet umbra dies.

Solis fulget aspectu.

In se pingit Olympum.
Quævis quota, fortasse postrema.
Cœli refert imaginem.
Ultima latet.
Fidele Solis æmulum.
Volat irrevocabilis.
Immensum metior.
Suprema metitur.
A luce primordia ducit.
Volat irreparabile.
Ab ultimâ cave.
Sua quemque latet.
Solis et artis opus.
Sol me, vos umbra (*regit*).
Umbræ transitus est tempus nostrum.
Sic vita fugit.
Hæc fortasse tua.
Dum licet, utere.
Unam time.
Amicis quælibet hora.
{ Aspicis, umbra fugax nostras ut temperet horas,
{ Umbras umbra regit, pulvis et umbra sumus.
Signat et monet.
Afflictis lentæ, celeres gaudentibus horæ.
Cernis quâ vivis, quâ moriere latet.
Vulnerant omnes, ultima necat.
Dies nostri sicut umbra transeunt.
Quota sit hora petis, dum petis ipsa fugit.
Flos brevis umbra fugax, bulla caduca sumus.
Nulla fluat cujus non meminisse velis.
Aut merces aut pœna manet quas vivimus horas.
{ Dum verum tenui mediumque do lumine tempus,
{ Umbra cadens jaculo quæ fulgeat hora docebit,
{ *Pour un Cadran où il y a une Méridienne du temps moyen.*

ou autrement :

Indigitat verum mediumque foramine tempus,
Ac umbra jaculi certam delineat horam.

Pereunt et imputantur.
Utere præsenti memor ultimæ.
Dubia omnibus, ultima multis.
Suprema, *ou*, Ultima multis, forsan tibi.
Nostra latet.
Dies mei sicut umbra declinaverunt.
Sic transit gloria mundi.
Solis et umbræ concordia.
Ombre trompeuse qui fuit à mesure qu'elle s'approche.
Cette vie mortelle qui plaît tant, fuit plus vite que l'ombre.
Le Ciel est ma règle.
Sic transibis et ipse.
Sua cuique hora.
Aspiciendo senescis.
Hæc quæ vita placet transit ut aura levis.

ou bien,

Arridens vita citius umbra fugit.
Quid aspicis? Fugit.
Ora, ne te rapiat hora.

FIN.

TABLE
DES MATIÈRES.

INTRODUCTION.

De page 1 à 40.

CHAPITRE PREMIER.

Définition et histoire de la Gnomonique; hypothèse fondamentale, et premières notions sur les différentes espèces de temps.

CHAPITRE II.

Notions élémentaires de Cosmographie.

CHAPITRE III.

Suite du précédent.

PRÉLIMINAIRES INDISPENSABLES.

De page 40 à page 62.

CHAPITRE PREMIER.

Définition et classification des Cadrans.

CHAPITRE II.

Indication des principales propriétés des Logarithmes, et disposition des Tables qui les renferment.

CHAPITRE III.

Notions élémentaires de Trigonométrie.

CHAPITRE IV.

Compas à verge ; Échelles.

CADRANS UNIVERSELS.

De page 62 à page 85.

CHAPITRE PREMIER.

Préparation de la table et détermination des lignes horaires.

CHAPITRE II.

Utilité de l'Analème et détermination des lignes du Zodiaque.

CHAPITRE III.

Dernières opérations.

CHAPITRE IV.

Description et usage d'un cadran universel portatif.

CADRANS HORIZONTAUX.

De page 85 à page 135.

CHAPITRE PREMIER.

Détermination des lignes horaires.

CHAPITRE II.

Détermination des lignes horaires au moyen du calcul.

CHAPITRE III.

Détermination des lignes du Zodiaque et de la durée de l'illumination du cadran.

CHAPITRE IV.

Posage du style, orientation du cadran et démonstration générale des constructions précédentes.

CHAPITRE V.

Considérations générales sur l'influence exercée par la latitude des lieux sur la nature des lignes du Zodiaque.

CADRANS INCLINÉS.

De page 135 à page 195.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET PRÉLIMINAIRES.

PREMIÈRE SECTION.

CADRANS SIMPLEMENT INCLINÉS.

CHAPITRE PREMIER.

Cadrans inclinés du midi.

CHAPITRE II.

Cadrans inclinés orientaux et occidentaux.

CHAPITRE III.

Cadrans septentrionaux inclinés.

DEUXIÈME SECTION.

CADRANS INCLINÉS DÉCLINANTS.

CHAPITRE PREMIER.

Cadrans inclinés déclinants du midi.

CHAPITRE II.

Cadrans inclinés déclinants du septentrion.

CHAPITRE III.

Cas particuliers.

CHAPITRE IV.

Explications générales de toutes les opérations indiquées pour la construction des cadrans inclinés.

CADRANS VERTICAUX.

De page 195 à page 216.

CHAPITRE PREMIER.

Cadrans verticaux sans déclinaison.

CHAPITRE II.

Cadrans verticaux qui déclinent.

CADRANS POLAIRES.

De page 216 à page 229.

CHAPITRE PREMIER.

Cadrans polaires non déclinants.

CHAPITRE II.

Cadrans polaires déclinants.

CHAPITRE III.

Considérations générales sur les cadrans dont le style est parallèle à l'axe de la Terre, et sur la manière d'appliquer le calcul à la construction de tous les cadrans.

CADRANS AZIMUTAUX.

De page 230 à page 248.

CHAPITRE PREMIER.

Construction graphique d'un cadran azimutal.

CHAPITRE II.

CHAPITRE FINAL.

De page 245 à page 248.

APPENDICE.

De page 249 à page 306.

ARTICLE PREMIER.

ARTICLE II.

ARTICLE III.

ARTICLE IV.

ARTICLE V.

ARTICLE VI.

ARTICLE VII.

ARTICLE VIII.

FIN DE LA TABLE.

BAR-SUR-SEINE. — IMP. DE SAILLARD.

Fig. 1.

B

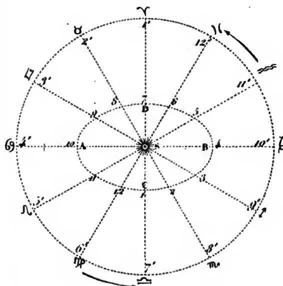
E A F

G H

B



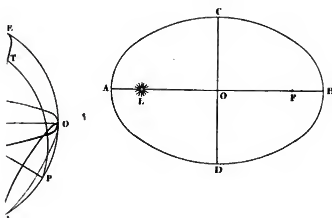
10.

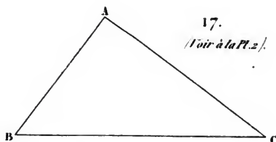


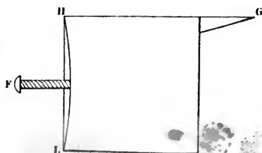


♈ ♉

♎ ♏

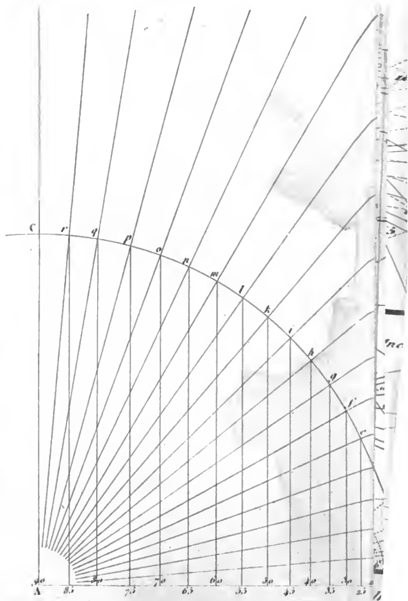






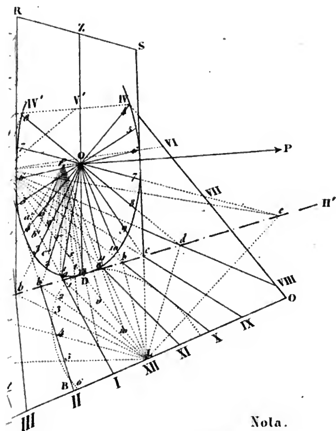
de Fig. 1 à Fig. 21.

Fig. 17.



a. (Voir à la Pl. 3).

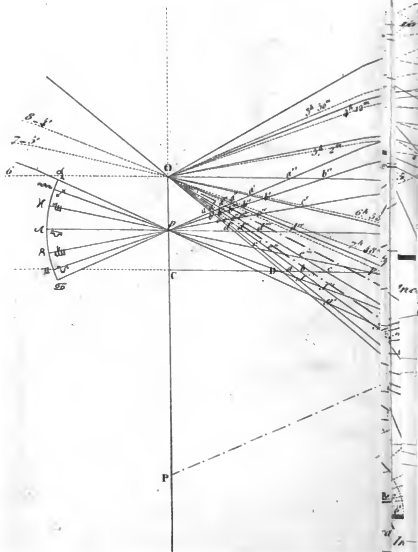
30.

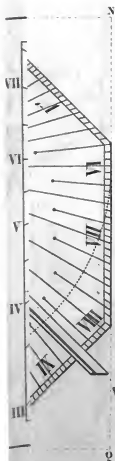


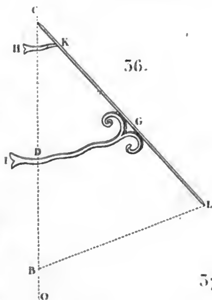
Nota.

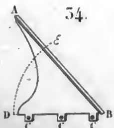
Les N.os d'heures accentués se rapportent aux heures de la nuit.

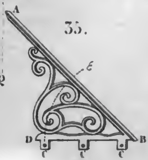
Fig. 29 b.













de Fig. 31 à Fig. 37.

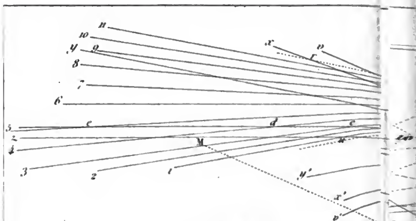
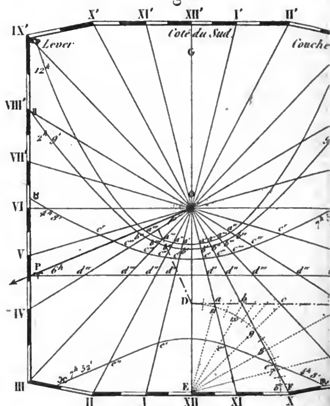
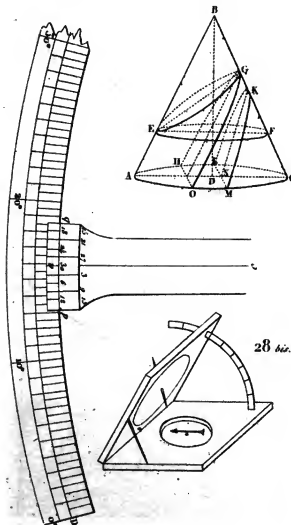


Fig. 40.



Cadran horizontal pour 66°, 37', 36" de latitude nord



de Fig. 38 à Fig. 43. Guiguet Sc.

Fig. 44.

III

II

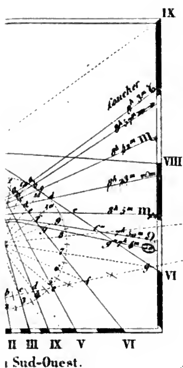
I

XII

XI X IX VIII VII VI

Cadran oriental incliné.

44 b.

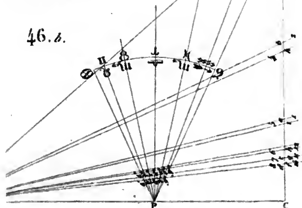


ı Sud-Ouest.

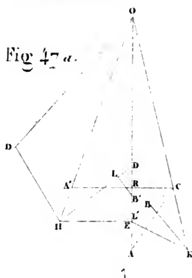
47 *a* et 47 *b*.

(Ces deux Fig. sont sur la Pl. 6.)

46. *b*.

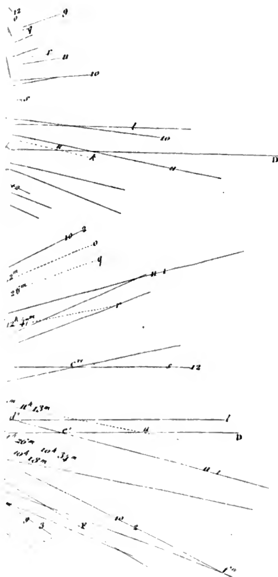






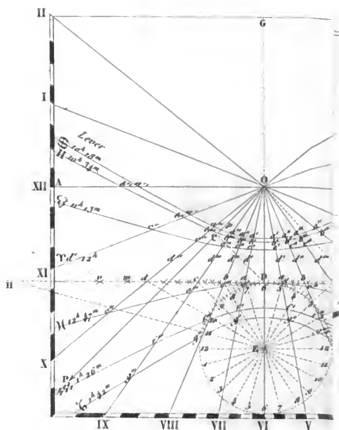


47 b.

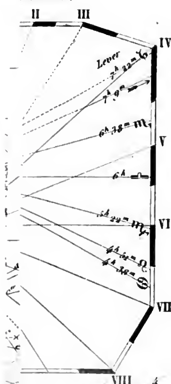


de Fig. 48 à Fig. 49.

Fig. 50.



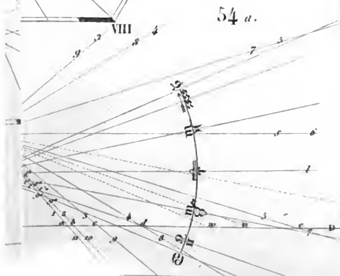
entrion.



50 *b*.

Cette Fig. est sur la Pl. 6.

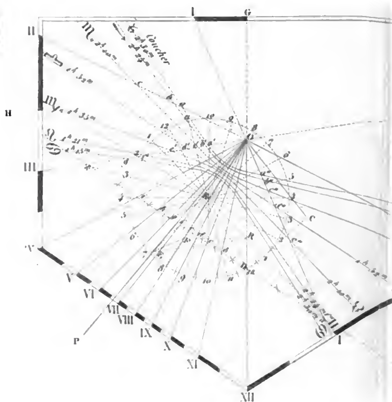
54 *a*.



de Fig. 50 à Fig. 54.

Fig. 55.

Cadran vertical du Sud-Est.

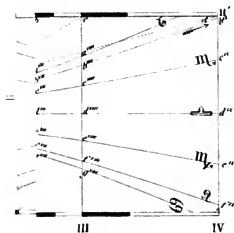


55 a

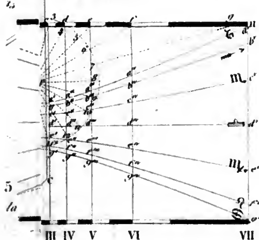
est sur la Pl. 7.

est s

adSud-Est.



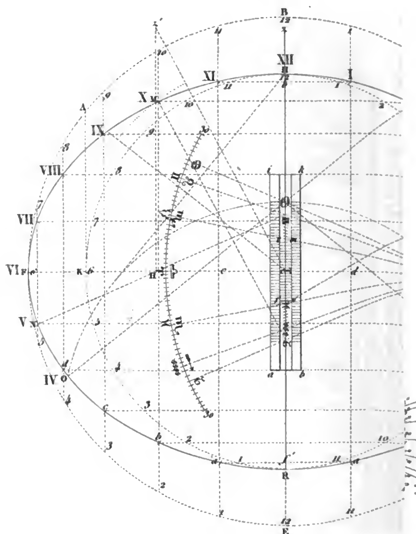
Cad du Nord-Est.



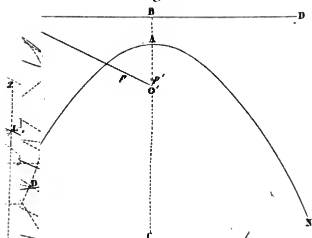
.10.

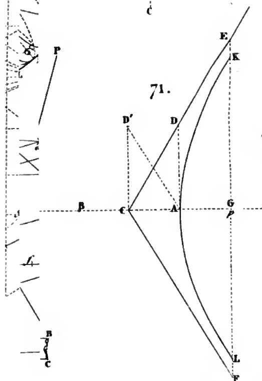
de Fig. 55 à Fig. 6.

Fig. 61.



69.





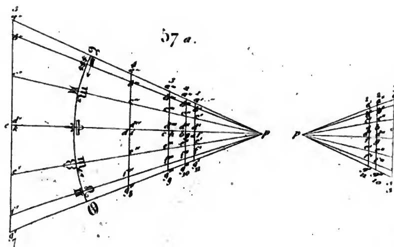
71.

68.

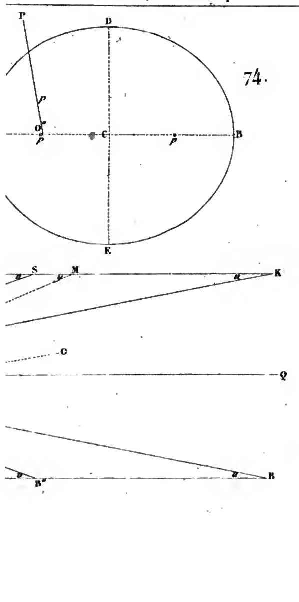
Cette Fig. est sur la Pl. 10.

de Fig. 61 à Fig. 71.

Fig. 55 b.



57 a.



de Fig. 72 à Fig. 75.

ENCYCLOPÉDIE-RORET.

COLLECTION

DES

MANUELS-RORET

FORMANT UNE

ENCYCLOPÉDIE

DES SCIENCES ET DES ARTS,

FORMAT IN-18;

Par une réunion de Savans et de Praticiens;

MESSIEURS

AMOROS, ARSENNE, BIOT, BIRET, BISTON, BOISDUVAL, BOITARD, BOSC, BOUTEREAU, BOYARD, CAHEN, CHAUSSIER, CHEVRIER, CHORON, CONSTANTIN, DE GAYFFIER, DE LAFAGE, P. DESORMEAUX, DUBOIS, DUJARDIN, FRANCŒUR, GIQUEL, HERVÉ, HUOT, JANVIER, JULIA-FONTENELLE, JULIEN, LACROIX, LANDRIN, LAUNAY, LEDHUY, Sébastien LENORMAND, LESSON, LORIOL, MATTER, MINÉ, MULLER, NICARD, NOEL, Jules PAUTET, RANG, RENDU, RICHARD, RIFFAULT, SCRIBE, TARBÉ, TERQUEM, THIÉBAUT DE BERNEAUD, THILLAYE, TOUSSAINT, TREMERY, TRUY, VAUQUELIN, VERDIER, VERGNAUD, YVART, etc.

Tous les Traités se vendent séparément, 300 volumes environ sont en vente; pour recevoir franc de port chacun d'eux, il faut ajouter 50 centimes. Tous les ouvrages qui ne portent pas au bas du titre *à la Librairie Encyclopédique de Roret* n'appartiennent pas à la *Collection de Manuels-Roret*, qui a eu des imitateurs et des contrefacteurs (M. Ferd. *Ardant*, gérant de la maison *Martial Ardant frères*, à Paris, et M. *Renault* ont été condamnés comme tels.)

Cette Collection étant une entreprise toute philantropique, les personnes qui auraient quelque chose à nous faire parvenir dans l'intérêt des sciences et des arts, sont priées de l'envoyer franc de port à l'adresse de M. le *Directeur de l'Encyclopédie-Roret, format in-18*, chez M. RORET, libraire, rue Hautefeuille, n. 10 *bis*, à Paris.

n, L'AGRICULTEUR-PRATICIEN, ou *Revue progressive d'Agriculture, de Jardinage, d'Économie rurale et domestique*; par MM. BOSSIN et MALEPEYRE.

